UNIVERSITÀ IUAV DI VENEZIA

SCUOLA DI DOTTORATO

Dottorato Di Ricerca In
Nuove Tecnologie
& Informazione Territorio e Ambiente

Ciclo XXVI

SMART SAFE ROAD

ICT per l'infrastruttura intelligente e sicura

Relatore: Prof. Luigi Di Prinzio
Co-relatore: Arch. Ing. Ciro Palermo

Dottoranda: Antonella Ragnoli
Matricola 273308

ABSTRACT

Dall'analisi delle problematiche legate alla mobilità ed alle infrastrutture stradali, emerge che il tema della Sicurezza Stradale è centrale sia per le esternalità generate in termini di costi sociali ed ambientali, e sia per l'interesse che suscita da parte di soggetti, sia istituzionali, sia del mondo della ricerca fino a semplici utenti, considerata la trasversalità propria di questa tematica.

Le numerose ricerche che si sono susseguite nel corso degli anni hanno messo in luce la complessità insita nel fenomeno dell'incidentalità stradale: approcci deterministici e di tipo probabilistico hanno fallito davanti alla rete di relazioni interne che anima i fattori che compongono il Sistema strada.

Alla luce della nuova concezione di Smart City, come spazio urbano vivo, collaborativo e connesso, in grado di affrontare con approccio olistico le sfide della realtà urbana grazie alle Nuove tecnologie e *ICT- Information Communication Technology*, e nello specifico riflettendo sulla sua declinazione in termini di Smart Mobility, emerge una nuova prospettiva di analisi dei problemi legati alla Safey.

L'innovazione del nuovo esempio di organizzazione intelligente è imperniato su nuovi modelli conoscitivi, densi di informazioni eterogenee per caratteristiche spaziali e temporali, così da cogliere la realtà e il suo divenire, consentendo un approccio preventivo ai fenomeni analizzati. All'interno di questa visione la Sicurezza Stradale viene studiata, in accordo con i principi internazionali di Safety Analysis, attraverso un'ottica integrata di tecnici e cittadini, inserendo la dimensione della percezione come elemento fondamentale della conoscenza. Tale concetto rappresenta uno dei maggiori elementi di innovazione della visione poiché non solo il settore tecnologico può fornire un contributo prezioso, ma soprattutto dagli aspetti sociali e culturali può provenire la spinta al cambiamento.

Su tali concetti basilari poggia il modello di *Smart Safe Mobility* che fa della conoscenza, dell'integrazione e della multiattorialità i principali strumenti del cambiamento, orientati alla definizione di una nuova cultura ed un nuovo approccio preventivo e collaborativo alla sicurezza stradale.

Il contributo tecnologico riveste un ruolo centrale all'interno di questo nuovo modello di mobilità, aprendo scenari futuribili orientati all'automazione della guida e alla realizzazione di adeguate infrastrutture intelligenti: la riflessione circa tale del dualismo e analizzando le attuali condizioni infrastrutturali ha portato la mia ricerca all'analisi del ruolo che l'infrastruttura ha sul tema della sicurezza stradale, alla luce del complesso sistema di relazioni che caratterizza il Sistema Strada.

L'infrastruttura e le dinamiche che su di essa prendono atto diventa il centro di un sistema orientato alla sicurezza stradale, che ha lo scopo di identificare i fattori di pericolosità strutturali e funzionali attraverso una profonda conoscenza attuata con nuovi modelli conoscitivi e sistemi di analisi fortemente legati ad alla componente tecnologica. Attraverso l'acquisizione di nuovi dati, la loro elaborazione e condivisione con gli utenti, la metodologia realizzata e sperimentata crea un set di indicatori ed indici atti ad individuare le aree di criticità sull'infrastruttura, suggerendo le azioni necessarie per abbattere o mitigare le cause di rischio.

La sperimentazione condotta ha messo in luce da un lato la buona rispondenza della metodologia nella descrizione delle tendenze reali, condizione confermata anche tramite processi di ascolto degli utenti e verifiche con metodologie basate su analisi incidentali e

dall'altro le caratteristiche di modularità e aggiornabilità che lo rendono uno strumento adatto a supportare sistemi di governance orientati all'innovazione tecnologica e culturale nel settore della mobilità intelligente e sicura.

La prima parte dell'elaborato di tesi traccia un quadro di riferimento sul tema della mobilità sicura, analizzando nel primo Capitolo le dimensioni del fenomeno e i concetti che caratterizzano la tematica, mentre nel secondo Capitolo viene proposta l'analisi delle metodologie che si sono susseguite nel corso degli anni per l'analisi della sicurezza stradale e dell'incidentalità, fino ad approdare ai metodi recenti di Safety Review. Il terzo Capitolo apre la riflessione sul nuovo paradigma di Smart City, lasciando ampio respiro alla valutazione circa i fattori di possibile intelligenza del Sistema Strada, per concludere al Capitolo quattro una prima parte di analisi con i vincoli e gli ordinamenti normativi che regolano tale materia.

Sulla base di tale quadro, la seconda parte descrive i passi logici e le sperimentazioni effettuate per la realizzano del metodo *Safe Smart Road*, che si pone l'obiettivo di analizzare la tematica della sicurezza stradale con un approccio integrato, esaminando gli effetti e le relazioni che sottendono la mobilità sicura, ponendo al centro l'oggetto infrastruttura. La metodologia si avvale di una forte componente tecnologica per l'acquisizione di nuovi dati ed integrazione delle fonti, argomento ampiamente affrontato al Capitolo sei, che descrive la fondamentale *Fase Conoscitiva* del metodo, la quale fornisce come prodotto i nuovi modelli del *Road Model* e del *Road Sensing*. Il Capitolo sette fornisce i fondamenti di analisi e sperimentazione effettuati per la costruzione del set di indici ed indicatori descrittivi del livello di performance di sicurezza dell'infrastruttura, racchiusi nel termine *Safe Mobility Index*. Il Capitolo otto invece fornisce i criteri e le soglie descrittive di un modello ideale di strada, lo *Smart Safe Mobility Model*, che consente di definire, dal confronto con il modello reale di Mobilità, le azioni da intraprendere ai fini della mitigazione delle cause incidentali.

La metodologia, nell'ottica di innovazione è fortemente orientata all'aspetto tecnologico, mediante fasi di sperimentazione di tecnologie Mobile Mapping stradali, e dall'aspetto culturale e sociale, attraverso il coinvolgimento degli attori ai nuovi tavoli di govermance sulla sicurezza stradale.

Keywords:

Road Safety, Smart Mobility, ICT, Wiki, Road Model, Road Sensing

RINGRAZIAMENTI

A conclusione di questo percorso è doveroso, da parte mia, ringraziare sinceramente tutte le persone che ho avuto modo di incontrare e conoscere, che mi hanno comunicato interesse e curiosità per la ricerca, spronata e sostenuta nei momenti di difficoltà e reso possibile il compimento del mio lavoro.

Ringrazio il prof. Luigi Di Prinzio per ed avermi guidata nel processo di crescita intellettuale e per avermi trasmesso il suo costruttivo entusiasmo verso l'innovazione.

Ringrazio l'ing. Ph.D Ciro Palermo che fin dall'inizio della mia esperienza è stato un punto di riferimento e fonte preziosi consigli e suggerimenti, soprattutto sul versante tecnologico ed ingegneristico.

Molte delle attività di sperimentazione a cui ho avuto modo di collaborare, e che hanno costituito parte integrante del cammino di crescita intellettuale e formazione specialistica, è stata resa possibile dalla preziosa collaborazione del dott. Nicola Alemanno e dott. Francesco Spanicciati, della società OmniGIS s.r.l., che hanno messo a disposizione il loro veicolo ad alto rendimento e il dott. Nuccio Bucceri, che insieme allo suo staff di LTS s.r.l, mi ha dato l'opportunità di conoscere e sperimentare le tecnologie più innovative nel settore del rilievo laser, offrendomi con la sua esperienza, importanti spunti di riflessione.

Un sentito ringraziamento va al prof. Luca Iocchi, che nel corso delle fasi di sperimentazione mi ha dimostrato grande disponibilità ed interesse sincero per la mia ricerca, regalandomi stimolanti momenti di crescita intellettuale.

La mia gratitudine va al prof. Giuseppe Loprencipe e alla Prof.ssa Paola Di Mascio, che anche in questa fase della mia crescita intellettuale hanno speso per me i lori preziosi consigli e preziosi suggerimenti.

Ringrazio anche tutti i colleghi del Dottorato e ai collaboratori e soci di Uniskys.r.l., i quali hanno contribuito a rendere la mia esperienza sicuramente più piacevole e ricca di momenti di costruttivo confronto.

Infine un "Grazie" speciale, magari più delle altre volte, alla mia Famiglia e ai miei Amici, che nonostante la distanza, sono sempre presenti e continuano a sostenermi.

Grazie.

Introduzione 1
PARTE 1: QUADRO DI RIFERIMENTO PER UNA SMART SAFE ROAD
1 Capitolo - Sicurezza stradale e mobilità oggi 5
1.1 Sicurezza sulla strada e mobilità 7
1.2 Numeri dell' incidentalità stradale 11
1.2.1 Caso Europa 13
1.2.2 Numeri del fenomeno in Italia 18
1.3 Sicurezza - incidentalità - rischio 21
1.3.1 Concetto di Incidentalità 22
1.3.2 Concetto di Rischio 25
1.3.3 Misurare la sicurezza 27
1.4 Fattori del Sistema Strada. 29
1.4.1 Sistema Strada: un complesso insieme di relazioni 31
1.5 Modelli del Sistema Strada in letteratura 35
1.6 Approccio olistico per la sicurezza stradale 37
1.7 Riflessioni sul Capitolo 1 39
2 Capitolo - Metodi per la valutazione della sicurezza stradale 41
2.1 Cammino evolutivo delle teorie per l'analisi di sicurezza stradale 43
2.2 Metodi di analisi delle prestazioni di sicurezza sulla strada 46
2.2.1 Metodo del Design Consistency "rapporto strada-utente al centro" 46
2.2.2 Metodo degli Indicatori di rischio del tracciato " strada al centro" 56
2.2.3 Metodo della Teoria Omeostatica "utente al centro" 58
2.2.4 Riflessioni sui metodi di analisi di prestazioni di sicurezza 60
2.3 Metodi di Analisi incidentale 61
2.3.1 Base di Dati per l'analisi incidentale 62
2.3.2 Principali approcci all'incidentalità 64
2.3.3 Nuovi metodi per l'analisi incidentale 69
2.3.4 Riflessioni sui metodi di analisi incidentale 71
2.4 Road Safety Audit Program 72
2.4.1 Road Safety Review 74
3 Capitolo - Smart Mobility: la prospettiva del nuovo sistema strada 77
3.1 Futuro prossimo nel concetto di Smart City 79
3.1.1 Città intelligenti del 20/20/20 81
3.1.2 Fattori dell'intelligenza nelle città 83

3.1.3 Città intelligente e i suoi nuovi componenti 87
3.1.4 Fattori di intelligenza della mobilità 88
3.2 Smart Vehicles on Smart Roads 94
3.2.1 Smart Mobility 96
3.2.2 Leve del cambiamento del nuovo sistema strada 101
3.2.3 Strada e ITS Infrastructure based 104
3.2.4 On board Vehicle sensors 108
3.3 Riflessioni sul Capitolo 3 111
4 Capitolo - Quadro normativo per la mobilità sicura e intelligente 113
4.1 Smart Mobility e sicurezza stradale 115
4.1.1 Strategia Europea per la Sicurezza Stradale 115
4.1.2 Sicurezza stradale in italia 123
4.2 Smart Mobility e ITS 128
4.2.1 Quadro normativo degli ITS in Europea 128
4.2.2 Quadro normativo degli ITS in Italia 131
4.3 Riflessioni sul Capitolo 4 134
5 Capitolo - Innovazione e buone pratiche per una Smart Safe Road 135
5.1 Progresso verso Smart Vehicles on Smart Roads 137
5.1.1 Smart Vehicles 139
5.1.2 Smart Roads 142
5.1.3 Human Machine Interface 144
5.2 Safety Management 146
5.2.1 Buone pratiche e sistemi di analisi incidentale 146
5.2.2 Buone pratiche e sistemi di analisi e gestione della sicurezza 154
5.3 Riflessioni sul Capitolo 5 162
PARTE 2: MODELLO DI SMART SAFE ROAD
6 Capitolo - Tra innovazione e conoscenza della Mobilità 163
6.1 Due strade Verso la Safe Smart Mobility: quale scegliere? 165
6.1.1 Sicuri sulle Strade, Provincia di Rovigo 166
6.1.2 Viamont Street Model 167
6.2 Innovazione nel processo conoscitivo di dinamiche complesse 169
6.2.1 Verso modelli complessi 170
6.2.2 Nuovi modelli conoscitivi: Road Model e Road Sensing 172
6.2.3 Dimensione tematica e territoriale del Mobility Model 173
6.2.4 Dimensione multiattoriale del Mobility Model 175

6.3 Fattori della mobilità sicura- analisi dei rapporti di causalità ... 185
6.3.1 Safe smart mobility & Landscape ... 186
6.3.2 Safe Smart Mobility & Living ... 193
6.3.3 Safe Smart Mobility & Road ... 195
6.3.4 Dall'analisi delle relazioni al Mobility Model ... 197
6.4 Road Model ... 205
6.4.1 Dati Telerilevati ... 205
6.4.2 Dati da Rilievi ... 208
6.4.3 Dati da Giacimenti informativi ... 211
6.5 Road Sensing ... 217
6.5.1 Sensori ... 217
6.5.2 Wiki ... 221
6.6 Tecnologie per il Road Model ... 221
6.6.1 Mobile mapping system ... 222
6.6.2 Laser scanner ... 223
6.6.3 MiniLaser Scanner ... 224
6.7 Riflessioni sul Capitolo 6 ... 226
7 Capitolo - Safe Mobility: prestazioni di sicurezza della mobilità stradale ... 227
7.1 Safe Mobility Index: analisi prestazionale della sicurezza stradale ... 229
7.2 Analisi preliminare alla classificazione di sicurezza ... 230
7.2.1 Analisi rete stradale ... 231
7.2.2 Analisi contesto territoriale ... 237
7.2.3 Analisi incidentale ... 244
7.3 Analisi delle prestazioni di sicurezza della strada ... 248
7.3.1 Base analitica e rappresentativa del modello ... 248
7.3.2 La componente Geometrica e strutturale ai fini della sicurezza stradale ... 250
7.3.3 Caratterizzazione della Sezione stradale ... 253
7.3.4 Caratterizzazione degli arredi funzionali ... 255
7.3.5 Indicatore Safe Road Model ... 256
7.3.6 Analisi dei fattori per due casi applicativi ... 257
7.4 Safe Mobility Index ... 260
7.4.1 Safe Road Index 2.0- il contributo multiattoriale al Safe Mobility Index ... 262
7.4.2 Safe Road Sensing: la dimensione del tempo reale del Safe Mobility Index ... 264
7.5 Riflessioni sul Capitolo 7 ... 265
8 Capitolo 8 - Safe Smart Mobility: Azioni per la mobilità intelligente e sicura ... 267

8.1 Approccio Smart Safe Mobility ... 269
8.1.1 Modello ideale di strada ... 272
8.1.2 Mappatura delle azioni per la sicurezza ... 273
8.1.3 Scelta delle azioni per la sicurezza ... 280
8.2 Attori e nuovi strumenti di governance per la sicurezza ... 288
8.2.1 Portatori di responsabilità ... 288
8.2.2 Portatori di diritti ... 289
8.2.3 Processi multiattoriali di governance ... 289
8.3 Riflessioni sul Capitolo 8 ... 290
9 Conclusioni ... 293
10 Bibliografia ... 297
11 Sitografia ... 305
Appendice 1 - Modulo di rilevazione degli incidenti stradali con lesioni a persone ... 309
Appendice 2 - Modulo di rilevazione degli incidenti stradali con lesioni a persone ... 312
Appendice 3 - Esperienza di sperimentazione con sensori laser ... 318

GLOSSARIO

City Model: innovativo modello conoscitivo orientato alla caratterizzazione della dimensione fisica della realtà, costruito su integrazione di una densa base di dati provenienti da fonti informative diverse, ma eterogenee in termini di dimensione temporale. Esso è supportato da una intensa fase di rilievo, acquisizione e strutturazione delle risorse disponibili, in relazione della fenomenologia che hanno il fine di modellare.

City Sensing: modello conoscitivo fondato sulla dimensione del tempo reale poiché orientato alla rappresentazione delle caratteristiche dinamiche di un territorio, fondato su una dimensione informativa temporale variabile e una eterogeneità evidente dei dati, acquisita mediante reti di sensori diffuse sul territorio e sistemi collaborativi wiki per quanto concerne la componente social.

Forgiving Road: caratteristica di una strada orientata a mitigare o bloccare comportamenti errati da parte dell'utente e alleviare eventuali conseguenze negative generate da comportamenti sbagliati di guida, conferita da soluzioni progettuali o basata su ITS.

Incidentalità: il complesso di eventi di natura aleatoria che possono generare danni più o meno ingenti a cose e persone, in situazioni legate alla circolazione stradale; essa esprime l'attitudine di una infrastruttura a essere teatro di sinistri stradali, legata, nel suo aspetto quantitativo al concetto di rischio.

Indicatore di Pericolosità Indotta da Fattori Esogeni: rappresenta sinteticamente l'influenza di fattori che, originati esternamente alla sede stradale, possono generare effetti sul regime di mobilità sicura; attraverso un sistema di pesi esso è strutturato come combinazione lineare di due indicatori più specifici, rappresentativi del contributo dei fattori naturali ed antropici, analizzati e valutati per singola categoria (caratteristiche sismiche, idrogeologiche, presenza di punti d'interesse, etc).

Information Communication Technology ICT: con il termine Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione si intende l'insieme degli strumenti informatici e delle telecomunicazioni che determinano metodi e sistemi atti a consentire l'acquisizione, la gestione e l'analisi di dati e la successiva diffusione di nuovi contenuti informativi.

Intelligent Transportation System ITS: si definiscono sistemi di trasporto intelligenti l'insieme delle attività e dei sistemi tecnologici atti realizzare, attraverso sistemi ICT, servizi atti a gestire infrastrutture di trasporto e veicoli al fine di perseguire maggiore efficienza, sicurezza e sostenibilità attraverso l'uso strategico dell'informazione georiferita e non solo.

Mobility Model: modello conoscitivo a supporto dell'analisi del tema globale della mobilità all'interno di un approccio olistico, che attraverso l'integrazione di diverse fonti dati, nelle due dimensioni del *Model* e del *Sensing*, è in grado di evidenziarne gli aspetti strutturali e fisici e quelli funzionali.

Rischio: definito come la probabilità (pericolosità) caratteristica di un sito (esposizione) che si verifichi un evento a cui è connesso un danno o un evento spiacevole, identificato in questo contesto in un incidente grave.

Road Model: verticalizzazione del City Model al contesto stradale, in grado di rappresentare mediante l'integrazione di fonti dati significative le caratteristiche strutturali e fisiche

dell'infrastruttura e degli aspetti territoriali in grado di esercitare effetti sulla mobilità. Esso è caratterizzato da una elevata densità spaziale e una omogeneità temporale poiché rappresentativo di fenomeni caratterizzati da bassa variabilità temporale.

Road Sensing: declinazione all'ambiente stradale del City Sensing, offre la possibilità di descrivere gli aspetti dinamici della mobilità, attraverso integrazione di set di dati eterogenei per origine, poiché acquisiti mediante modalità diverse (reti di sensori e processi partecipativi su base collaborativa), operando a scale territoriali variabili e risoluzione temporale prossima al real time.

Safe Mobility Index: indice in grado di sintetizzare il livello di sicurezza offerto da una infrastruttura stradale ai suoi utenti, attraverso lo studio e la classificazione dei diversi fattori che concorrono a definire la mobilità sicura e la produzione di indicatori specifici atti a rappresentarne i diversi aspetti. A livello operativo è composto dall'*Indicatore di Pericolosità indotta da Fattori Esogeni* e *Safe Road Index.*

Safe Road Index: rappresenta la valutazione delle performance di sicurezza di una strada, attraverso l'analisi di aspetti significativi strutturali , geometrici e funzionali, articolati in due indicatori specifici che ne colgono le dimensioni del *Model* e del *Sensing*.

Safe Road Model: indicatore di dettaglio che sintetizza gli aspetti geometrici e compositivi della piattaforma stradale, nato dalla combinazione lineare di indicatori specifici, (geometria, presenza di barriere, pavimentazione, presenza ostacoli laterali, etc…) desunti dai dati del Road Model, al fine di valutare l'influenza del contesto stradale sulla sicurezza, attraverso l'analisi delle caratteristiche e delle loro relazioni . Esso è parte dell'indice *Safe Mobility Index.*

Safe Road Sensing: Indicatore di dettaglio che rappresenta gli aspetti dinamici della mobilità che a vario titolo possono influire sul livello di sicurezza; esso sintetizza il contributo di fattori caratterizzati da elevata variabilità temporale (flussi di traffico, condizioni meteo, percezioni utenti) attraverso l'analisi di fonti dati in tempo reale attraverso reti di sensori diffuse sull'infrastruttura e nei suoi dintorni, e mediante il contributo degli utenti attraverso sistemi di segnalazione e geotagging. Esso è parte dell'indice *Safe Mobility Index.*

Self Explanatory Road: caratteristica di una strada di essere facilmente "leggibile" dall'utente, così da favorire una condotta di guida più regolare, sicura e consapevole, conferita dal coordinamento di caratteristiche progettuali (geometriche e coordinamento),dal suo inserimento ambientale.

Sicurezza: condizione spesso identificata con l'assenza di incidenti in grado di recare danni a persone e beni materiali ma che nella sua accezione più ideologica si identifica con una condizione di assenza di pericolosità, legata anche alla quota intrinseca che ne caratterizza l'atto del viaggio stesso. Un'accezione più operativa la definisce come complesso delle caratteristiche, delle azioni e delle strategie necessarie per minimizzare le cause e i processi che possono generare situazioni critiche per la mobilità.

Sistema Strada: insieme degli elementi che, attraverso la loro interazione determinano le condizioni della mobilità; i fattori uomo-veicolo-ambiente ed infrastruttura possono determinare le condizioni di sicurezza o di incidentalità.

Sistema di Mobilità: Insieme di infrastrutture e sistemi di gestione funzionali in grado di garantire le azioni trasferimento, trasporto, sosta, smistamento, scambio modale di persone e merci.

Smart City: modello di città votata all'innovazione tecnologica e culturale, che non si limita all'organizzazione territoriale in servizi ed infrastrutture finalizzate al soddisfacimento di necessità in maniera settoriale e top down, ma una concezione di spazio urbano vivo, collaborativo ed integrato nei suoi vari aspetti, che vede in un sistema olistico ed articolato la risposta alle esigenze dei cittadini, in un'ottica di tutela ambientale, sviluppo sostenibile e innalzamento degli standard qualitativi di vita.

Smart Mobility: modello di mobilità che affonda le sue radici nel paradigma Smart City e affronta la tematica con approccio olistico, in grado di far emergere la complessità del sistema, analizzata in tutti i suoi aspetti compositivi tramite tecnologie ITS. La mobilità intelligente è a misura di cittadino, compatibile con l'ambiente e altamente tecnologica e sicura.

Smart Mobility Model: rappresenta il modello di mobilità ideale, comprendente i fattori strutturali, geometrici e dinamici, che definiscono un massimo livello di sicurezza. Esso fornisce una serie di criteri e soglie di valutazione mediante il quale stimare il livello di performance di sicurezza dell'infrastruttura in esame.

Strada o infrastruttura stradale: insieme di opere civili necessarie per consentire la mobilità delle persone e delle merci, comprendendo entro questo insieme anche i dispositivi, gli impianti ed i sistemi necessari perché le descritte funzioni si realizzino in una gestione organizzata, con adeguate garanzie di sicurezza, e all'interno di un sistema regolato.

INTRODUZIONE

La semplice riflessione sul tema della mobilità stradale fa emergere una diffusa condizione di insicurezza legata principalmente all' insufficienza delle performance funzionali offerte dalla rete, a fronte di una domanda di trasporto eterogenea e dinamica che segue il trend evolutivo di un Paese che si trova a vivere un momento di forte crisi economica e una contemporanea rivoluzione culturale. Una prima evidente carenza è riscontrabile nel patrimonio infrastrutturale che, specialmente negli aspetti manutentivi e gestionali, evidenzia una condizione di ritardo ed inadeguatezza nei confronti di una mobilità che presenta caratteristiche ed esigenze profondamente mutate negli anni. Sono cambiati gli utenti e le loro abitudini, vincolati ad un momento storico delicato, che ha prodotto effetti anche sui modelli urbani e conseguentemente sulla domanda di mobilità, inoltre gli stessi veicoli presentano oggi livelli prestazionali non comparabili con gli standard meccanici e dinamici a cui le attuali norme di progettazione fanno riferimento e che sono il fondamento dell'attuale patrimonio stradale, allo stesso tempo è mutata la dimensione del viaggio e dell'azione di guida, che spesso premia l'obiettivo della velocità piuttosto che una consapevolezza dei reali rischi a cui si è esposti.

Nonostante l'evidente bilancio negativo ad oggi il trasporto su gomma, soprattutto nel nostro Paese, continua ad essere la modalità privilegiata sia per scopi privati e sia commerciali, accrescendo la componente di rischio insita nella mobilità: l'eterogeneità delle classi veicolari, la modalità a guida non vincolata, l'influenza dei fattori meteo climatici e fisici, l'inadeguatezza delle infrastrutture e la variabilità della competenza delle utenze alla guida sono fattori che, con i loro contributi, hanno reso il problema dell'incidentalità stradale una emergenza a livello mondiale. Tale condizione è inoltre favorita dallo squilibrio che caratterizza lo sviluppo di sistemi di mobilità alternativi, soprattutto in Italia, dove i collegamenti ferroviari non garantiscono una adeguata accessibilità territoriale e il segmento aereo è presente sono in alcuni centri maggiori e scarsamente collegati; a scala locale una analoga condizione evidenzia una mancanza di alternative al trasporto privato su gomma poiché il sistema di trasporto pubblico, fatta eccezione per alcuni centri maggiori, non presenta caratteristiche sufficienti.

Il perdurare di tali condizioni ha generato un abbattimento dei livelli di sicurezza caratterizzanti la mobilità su gomma, collocando il fenomeno incidentale tra le prime cinque cause di morte a livello mondiale, evidenziando la necessità di un'azione sinergica da parte dei diversi Stati, finalizzata all'abbattimento del fenomeno dell'incidentalità attraverso l'individuazione e la mitigazione delle sue cause.

L'interesse del mondo scientifico verso tale tematica e le ricerche prodotte hanno fatto emergere nel corso degli anni, la complessità del fenomeno dell'incidentalità su strada, sintomo di carenti condizioni di sicurezza, imputabili sia a fattori connessi allo spazio stradale e ambientale, sia alle caratteristiche prestazionali del veicolo e sia alle capacità percettive e di guida dell'utente. Teorie basate su approcci deterministici e verticali hanno fallito davanti alla complessità che caratterizza il tema della mobilità sicura, insita nel gioco di mutue interazioni alla base del *Sistema strada*: la difficoltà nel valutare il livello di sicurezza risiede sia nella complessità della modellazione di variabili come le condizioni meteo o l'utente, che rappresenta il fattore di maggiore aleatorietà del sistema, poiché caratterizzato da una natura variabile e soggettiva, e sia dalla impossibilità di definire con esattezza i rapporti di causalità interni.

E' evidente quindi la necessità di un nuovo metodo di studio della mobilità sicura, che miri a analizzare in un approccio integrato tutti i fattori che concorrono a determinare il livello di rischio proprio di un tracciato stradale, al fine di comprendere i rapporti di causalità tra condizioni stradali e incidentalità e agire con misure correttive sui fattori del Sistema Strada.

Il processo in atto fondato sull'innovazione tecnologica e culturale individuato nel paradigma "*Smart City"*, offre lo spunto per la definizione di un modello di mobilità innovativo: l'approccio olistico alla base della organizzazione della città intelligente e l'impiego di nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione diventano elementi strategici per un nuovo esempio di mobilità che vede nell'informazione uno strumento efficace per la riduzione del fenomeno incidentale. Obiettivi principali della *Smart Mobility* coincidono con la garanzia di buone caratteristiche di sostenibilità, sicurezza e accessibilità attraverso l'ottimizzazione del patrimonio stradale esistente, prediligendo interventi immateriali basati sulle nuove tecnologie per l'informazione e la comunicazione finalizzati alla gestione intelligente del patrimonio infrastrutturale, piuttosto che alla realizzazione di nuove opere.

All'interno di tale approccio innovativo la complessità insita nella tematica della sicurezza stradale trova nei nuovi modelli conoscitivi di *Road Model* e *Road Sensing*, basati sull'integrazione di tecnologie innovative e sistemi di analisi, la chiave per comprendere il gioco di relazioni tra i fattori del Sistema strada, al fine di mitigarne le interazioni negative ed abbatterne il potenziale di pericolosità agendo direttamente sulle cause, all'interno di un'ottica di tipo preventivo al fenomeno dell'incidentalità.

E' proprio su questo tema che si apre un dibattito circa la prospettiva della *Smart Mobility*, che vede come obiettivo il paradigma, *"Smart Vehicles on Smart Road"*, orientato all'abbattimento del rischio sulla strada attraverso una rete cooperativa tra veicolo ed infrastruttura, basata sull'automazione di guida e la condivisione di informazione tra i due segmenti del sistema.

Le due posizioni infatti si riflettono nell'attuale dualismo che coinvolge esponenti del mondo della ricerca ed istituzioni circa la scelta della migliore strategia d'azione che possa apportare benefici anche nel breve termine al problema dell'incidentalità: da un lato il rapido progresso del settore dell' *automotive* sta favorendo la diffusione di sistemi di assistenza alla guida atti a correggere e informare l'utente di eventuali pericoli, mentre l'altro approccio individua nell'analisi dell'infrastruttura stradale e nell'identificazione delle sue criticità, la chiave per l'abbattimento del livello di rischio per la mobilità. Mentre i sistemi *on board*, mediante l'analisi dello spazio circostante e la comunicazione di informazioni atte a influenzare positivamente la guida dell'utente, generano benefici evidenti, ma legati ai soli veicoli attrezzati, le azioni mirate al miglioramento della componente strutturale integrata con servizi di informazione alle utenze possono produrre migliorie generalizzate e rivolte tutti gli utenti della strada, e peraltro di supporto all'azione di sistemi di guida assistita.

Tali riflessioni sono frutto del percorso di ricerca sintetizzato nell'elaborato *"Smart Safe Road, Il contributo delle ICT per l'infrastruttura intelligente e sicura"*, che, a partire da considerazioni circa l'attuale condizione della mobilità e analizzando i trend futuribili, si pone l'obiettivo di riflettere sulle possibili strategie finalizzate al perseguimento dell'obiettivo della mobilità sicura, alla luce dell'innovativo paradigma di *Smart City*.

Scaturisce da tale percorso di studio una metodologia orientata all'analisi del *Sistema Strada*, che, attraverso l'individuazione di soluzioni metodologiche orientate all'innovazione tecnologica e culturale, consente l'analisi dettagliata delle reali esigenze conoscitive e l'individuazione di

condizioni di criticità per la mobilità, sulla base di un approccio preventivo per la riduzione del fenomeno dell'incidentalità.

Il metodo *Smart Safe Road* infatti mira a realizzare uno strumento innovativo, ispirato alla teoria della *Safety Review Analysis*, ed in linea con le recenti direttive in materia di sicurezza stradale, orientato alla valutazione delle performance di sicurezza di una strada, a supporto dei processi di pianificazione di *governance* territoriale, in un'ottica di cooperazione multiattoriale e di evidente innovazione. Tale strumento infatti, fornendo informazioni specifiche ed aggiornate circa la condizioni di sicurezza della rete stradale, è in grado di soddisfare sia esigenze conoscitive dettagliate di soggetti preposti alla gestione della rete, e sia quelle più basilari di semplici utenti che vogliono muoversi in sicurezza o segnalare un disservizio.

L'obiettivo primario è quello di creare una metodologia in grado di determinare le aree critiche dell'infrastruttura nell'ottica della sicurezza stradale, attraverso l'analisi di fattori strutturali e funzionali che concorrono ad innalzarne il livello di pericolosità, analizzare i possibili rapporti di causalità tra i diversi fattori che contribuiscono a determinare le condizioni di mobilità, al fine di fornire una strategia composta di azioni di mitigazione da mettere in atto, processo che comprende una componente *wiki*.

E' evidente il contributo strategico delle nuove tecnologie, che rappresentano solo una faccia dell'innovazione legata al paradigma Smart City: attraverso una filiera di acquisizione e strutturazione del dato, con successiva analisi, integrazione e sintesi delle informazioni le ICT-Information Communication Technologies contribuiscono alla creazione di un valore aggiunto alla conoscenza della realtà, consentendo la comprensione di fenomeni e relazioni non evidenti con approcci più settoriali. L'integrazione infatti di fonti informative è un elemento strategico che consente di analizzare con metodo olistico la tematica della mobilità sicura, infondendole il carattere d'intelligenza che conduce all'indagine delle relazioni tra i diversi elementi del Sistema strada.

La complessità della tematica e l'approccio scelto conducono all'articolazione del metodo in diversi momenti di approfondimento ed analisi, dei quali si riporta una breve descrizione. La *Fase Conoscitiva* del metodo è finalizzata all'analisi delle relazioni che intercorrono tra i diversi fattori che possono compromettere le condizioni di mobilità sicura: aspetti strettamente connessi all'infrastruttura, elementi di carattere ambientale ed antropico, vengono analizzati in relazione alla capacità di interazione, determinando le condizioni di sicurezza in esercizio per la strada. L'analisi pone in evidenza delle esigenze conoscitive propedeutiche alla modellazione e alla piena comprensione di tali dinamiche, processo che conduce alla strutturazione del *Mobility Model*, cioè un nuovo approccio di quadro conoscitivo, in grado di descrivere con grande accuratezza e densità informativa tutti gli aspetti che incidono sulla mobilità sicura nell'area analizzata. L'innovazione legata a tale aspetto consiste nella dualità compositiva del modello: il *Road Model* rappresenta le caratteristiche fisiche e strutturali della strada, le peculiarità di continuità spaziale e una risoluzione temporale maggiore, mentre i fenomeni dinamici vengono modellati attraverso il *Road Sensing*, cioè un sistema di acquisizione di parametri che presentano variabilità temporale spinta, mediante nodi sensoriali sulla strada.

La *Fase Analitica*, condotta per diversi gradi di approfondimento e declinabile a scale territoriali diverse, conduce alla definizione di una serie di indici atti a descrivere in maniera sintetica le performance di sicurezza offerte dall'infrastruttura. Sulla base del patrimonio informativo strutturato nel *Mobility Model* e utilizzando un set di criteri frutto di analisi della letteratura di riferimento, è possibile classificare i diversi aspetti che compongono il modello e valutarli in

relazione alla loro influenza sul tema della sicurezza, creando degli indicatori specialistici: il *Safe Road Index*, nelle sue componenti di *Model* e *Sensing*, valuta le condizioni dell'infrastruttura stradale mentre *l'Indicatore di Pericolosità indotta da Fattori Esogeni* valuta l'incidenza di fattori ambientali ed antropici sulla sicurezza. La sintesi di tali indicatori produce il *Safe Mobility Index*, cioè uno strumento rappresentativo delle condizioni di sicurezza globali caratterizzanti l'infrastruttura, il quale viene confrontato con un modello di strada ideale, lo *Smart Safe Mobility Model*, che presenta le stesse condizioni al contorno del caso reale in termini di tipologia di strada, inserimento territoriale, condizioni di utilizzo e flussi di traffico, ma progettato secondo criteri innovativi e dotato di misure di mitigazione sia delle cause e sia degli effetti dell'incidentalità, rivolti agli elementi del Sistema Strada.

Da tale confronto emergono le *Azioni* di mitigazioni da mettere atto, che i soggetti preposti alla gestione stradale, coadiuvati da processi di matrice bottom up, resi possibili da strumenti di partecipazione, sono chiamati a valutare. Le strategie d'azione infatti sono costituite dall'integrazione di provvedimenti più classici di tipo strutturale e gestionale con sistemi ITS, *Intelligent Transport System*. La fase finale prevede l'instaurarsi di un processo iterativo di monitoraggio e valutazione ad opera degli attori territoriali, al fine di garantire efficacia delle azioni e delle informazioni, propedeutico al mantenimento di adeguati standard di sicurezza.

Il valore aggiunto della ricerca risiede nell'obiettivo di affrontare una tematica complessa come quella della mobilità con un approccio innovativo, sia dal punto di vista culturale, evidenziando il valore strategico del coinvolgimento multiattorale, e sia tecnologico, che ha messo in evidenza l'importanza della componente informativa ai fini della comprensione e gestione di dinamiche complesse.

Il mio contributo personale da un lato è legato alla fase di analisi della problematica della sicurezza stradale, alla valutazione delle metodologie classiche, attività più in linea con la mia personale formazione d'ingegnere civile, mentre l'apertura verso l'innovazione e la tecnologia propria di questo percorso di ricerca mi ha consentito di approcciarmi in maniera più efficace alla definizione di un metodo di analisi della problematica della sicurezza. La conoscenza di nuove tecnologie e la consapevolezza del valore strategico dell'informazione sono stati gli elementi principali che hanno guidato il percorso metodologico verso la definizione della metodologia *Smart Safe Road*.

PARTE 1: QUADRO DI RIFERIMENTO PER UNA SMART SAFE ROAD

1 CAPITOLO - SICUREZZA STRADALE E MOBILITÀ OGGI

Nel Capitolo 1 viene introdotto il concetto di sicurezza stradale, in relazione al fenomeno dell'incidentalità e alle dinamiche interne al sistema che lo sottendono, al fine di creare una cornice di riferimento sulla tematica e fornire i concetti basilari per un'analisi dettagliata del fenomeno. L'analisi della condizione della mobilità a livello europeo e nazionale fa emergere le lacune del Sistema Stradale in ragione del fenomeno incidentale: esso ad oggi rappresenta il punto di vista attraverso il quale la performance di sicurezza viene valutata, utilizzando principalmente la teoria del rischio, metodo dalla forte connotazione probabilistica applicata alla storia incidentale dei luoghi.

L'analisi evidenzia l'esistenza di legami di causalità tra gli elementi del Sistema Stradale e i rapporti di corresponsabilità alla base degli incidentali. Emerge infatti dallo studio la necessità di una metodologia integrata che sfrutta da un lato l'approccio probabilistico della teoria del rischio al fine di individuare i punti critici per la sicurezza, ma che dall'altro si interroghi sulle caratteristiche proprie del sistema al fine di identificarne le potenzialità negative inespresse.

1.1 Sicurezza sulla strada e mobilità

L'analisi delle problematiche legate al settore della mobilità stradale pone in risalto una situazione di grande inadeguatezza della rete e dei servizi offerti rispetto ad una domanda di trasporto crescente espressa dalle diverse tipologie di utenza. Nonostante le difficoltà economiche legate alle condizioni di crisi degli ultimi anni non si sono verificate, sul piano della mobilità, evidenti mutamenti: l'uso dell'auto privata, soprattutto in aree locali, non trova ad oggi una valida alternativa nei servizi di trasporto pubblico; solo nelle grandi realtà urbane, nelle migliori delle ipotesi, si è assistito a tale cambiamento, producendo sostanzialmente una migrazione dei volumi di traffico, senza riscontrare evidenti variazioni nel livello di congestione (Aci-Censis, 2012).

Altre condizioni persistenti hanno incoraggiato negli anni il prevalente utilizzo della mobilità su strada: nei piccoli e medi centri abitati si è assistito all'aumento del pendolarismo casa-lavoro su distanze talvolta maggiori e politiche di riassetto urbano hanno visto risorgere le periferie producendo un maggior tasso di utilizzo dell'auto privata, vista la mancanza di alternative nei sistemi di trasporto collettivi. Parallelamente la crisi del mercato ha sancito un totale orientamento verso la mobilità su gomma come arteria di circolazione delle merci, contribuendo così a determinare un aumento del traffico stradale e la sua eterogeneità, comportando inevitabili disagi per il regime di mobilità.

Il perdurare di tali condizioni ha generato un abbattimento dei livelli di sicurezza caratterizzanti la mobilità su gomma, collocandola tra le prime cinque cause di morte a livello mondiale. A partire dal decennio scorso infatti, la sicurezza, intesa come condizione di mobilità in assenza di eventi critici o condizioni di rischio incidentale per l'utente della strada, risulta essere di grande attualità proprio perché il numero e la severità degli incidenti, e le esternalità economiche e sociali ad essi associate fronteggiate dai diversi Paesi ogni anno, hanno assunto le dimensioni si una vera emergenza. Più di altri sistemi di trasporto la viabilità stradale paga lo scotto di una serie di fattori che ne aggravano la pericolosità, quali ad esempio la eterogeneità delle classi veicolari, la modalità a guida non vincolata, l'influenza dei fattori meteo climatici e fisici, l'inadeguatezza delle infrastrutture e la variabilità della competenza delle utenze alla guida, senza considerare la netta preferenza che tale sistema di trasporto registra nel nostro Paese nel segmento privato, rispetto alle altre. Maggiori condizioni di comfort, libertà ed adattabilità delle scelte di viaggio sono i principali incentivi alla base di questa tendenza, così come la comodità di recapitare merci direttamente nella destinazione finale, possibilmente senza altri trasbordi, la rende preferibile anche sotto l'aspetto della movimentazione di beni. Tale quadro determina una rete stradale altamente congestionata, percorsa da diverse classi veicolari e tipologie di utenze, caratterizzate da comportamenti di guida eterogenei, che non fanno altro che accrescere la quota di rischio intrinseca di ogni viaggio, rendendo insostenibili le conseguenze negative generate.

Il sistema della mobilità stradale infatti è assimilabile ad un organismo complesso in grado di assolvere alle funzioni di spostamento degli utenti, che identifica la sua condizione di equilibrio nell'assenza di eventi critici incidentali: i numerosi fattori che lo compongono, con una serie di interazioni di diverse entità, producono istantaneamente variazioni rispetto alla condizione di potenziale minimo rischio, minando l'equilibrio e generando, in casi estremi, una situazione di incidente. I fattori principali costituenti il sistema di mobilità sono *strada*, *veicolo* ed *utente* che, connessi in una rete di influenze reciproche, determinano, insieme alle condizioni ambientali, l'insorgere di una situazione critica; la difficoltà nel valutare il livello di sicurezza di una strada

risiede sia nella complessità della modellazione di variabili come le condizioni meteo o l'utente, elementi afflitti da una forte variabilità e che, come nel caso del fattore umano, scarsamente prevedibili.

Per sopperire a tale difficoltà è una pratica comune quantificare la sicurezza di una infrastruttura stradale attraverso il numero e la gravità degli incidenti, negandole quasi la dignità di una definizione diretta; la complessità del fenomeno infatti ne rende non banale la esplicitazione in termini di criteri e elementi rappresentativi. Alcune fonti definiscono la sicurezza come:

> *"la sicurezza, dal latino "sine cura": senza preoccupazione, può essere definita come la "conoscenza che l'evoluzione di un sistema non produrrà stati indesiderati" (Autori Wikipedia, 2013 a).*

Tale descrizione identifica nella conoscenza scientifica, nella sua accezione epistemologica, la chiave per determinare anche la pericolosità inespressa di un sistema, che lo connota come non sicuro in maniera generale. La sicurezza quindi è un concetto assoluto e di difficile traduzione nella vita reale, poiché è insita in ogni attività umana una benché minima componente di rischio. Compito delle analisi di sicurezza e delle azioni di mitigazione è quello di abbattere la probabilità di accadimento di eventi dannosi e limitarne le conseguenze.

Declinando tale definizione al settore della mobilità stradale è facile concludere che essa non solo si identifica, nella sua accezione più ideologica, con la mancanza di incidenti stradali, ma fa riferimento ad una condizione di assenza di pericolosità, riferita anche alla quota intrinseca che caratterizza l'atto del viaggio stesso. Tale concetto, non si rivela quindi né trasponibile integralmente al contesto reale, né tantomeno facilmente misurabile, poiché presuppone la conoscenza di una serie di stati influenzati da innumerevoli variabili, interne ed esterne al sistema di mobilità, determinando un grado di variabilità troppo elevato. Allo stesso modo, la natura multidimensionale del fenomeno dell' insicurezza stradale rende impossibile l'eliminazione si tutti i fattori di innesco di situazioni incidentali.

Contemporaneamente l'incidentalità misura l'esito negativo, in termini di danni prodotti a persone e cose, della situazione di rischio che si è verificata, lasciando insoluto il problema della definizione del livello di sicurezza della mobilità stradale intrinseca, ovvero legata ai suoi parametri strutturali e funzionali. E' evidente che estendendo alla sicurezza un indice di classificazione proprio di un approccio reattivo, ovvero quello proprio delle analisi incidentali basate su valutazioni della storia incidentale di un luogo, si commette un errore anacronistico, cioè si attribuisce alla condizione attuale una caratteristica riscontrata nel passato. Infatti valutando con metodi probabilistici tale fenomeno si ottengono indicazioni sulla possibilità che l'evento si ripeta, a patto che non siano mutate le condizioni al contorno: questa valutazione determina una condizione che mal si adatta allo studio di un fenomeno complesso come quello della sicurezza stradale, che risente dell'azione di componenti che presentano una spiccata variabilità temporale.

La necessità che emerge da tale quadro è quella di disporre di metodi di analisi in grado di valutare il livello di pericolosità di una strada con approccio preventivo, che non si limiti all'identificazione dei *black spots*, definiti come le tratte stradali ove si sono riscontrati incidenti gravi con simili caratteristiche, ma affronti con sistematicità il problema dell'insicurezza stradale.

Già le *Linee Guida per l'analisi di sicurezza delle strade* del 2001, auspicavano un approccio innovativo:

> *"Come è noto, la strategia più efficace per affrontare tutte le situazioni che possono determinare conseguenze negative in un determinato ambito è la* ***prevenzione****. […] Non è infatti sufficiente limitarsi ad una rilevazione a posteriori dei cosiddetti "****punti neri****", intervenendo per la loro eliminazione solo dopo che in quei punti si sono verificati e ripetuti incidenti stradali con perdite di vite umane. E' necessaria una verifica* ***preventiva*** *della sicurezza stradale, riconoscendo e valutando le condizioni di rischio potenziale per la circolazione stradale con particolare attenzione al* ***punto di vista dell'utente della strada****" (Ministero dei Lavori Pubblici, 2001).*

Tale visione rappresenta un punto di rottura con la metodologia classica della valutazione della sicurezza, introducendo una nuova visione orientata alla prevenzione degli eventi incidentali, rispetto alla precedente che vedeva nei costi sociali dell'incidentalità un tributo da pagare, il *Willingness To Pay*, [1]legato alla mobilità stradale. Altro fattore innovativo risiede nella prospettiva di analisi: da una visione preferenziale del progettista o del tecnico, resa mediante il rispetto di regole e standard geometrici legati a principi di cinematica e dinamica dei corpi, si vira vero una centralità dell'utente, soprattutto in relazione alle sue capacità percettive, tuttavia fortemente influenzate dalle scelte progettuali.

La necessità di un approccio sistemico al problema della sicurezza era stato dichiarato anche in "*Promuovere la sicurezza stradale nell'Unione europea: il programma 1997 – 2001*" (Commissione Europea, 1997), il quale poneva già in evidenza il problema delle interazioni tra le diverse componenti all'interno di un approccio olistico, e la difficoltà di determinarne gli effetti, in maniera funzionale all'abbattimento del numero di vittime.

Al grado di interazione dei tre elementi del *Sistema Strada* (strada-veicolo-utente) è connessa la probabilità di accadimento di un evento incidentale: considerata la complessità del fenomeno e la natura multidimensionale, risulta complesso agire in maniera congiunta e sinergica su tutti i fattori. Come sostenuto da diversi autori (Autori AIPCR, 2010 a), in ragione dei legami di dipendenza tra la conformazione e l' organizzazione della strada e gli errori di guida in cui gli utenti possono incorrere, è possibile attribuire alla strada un ruolo primario nella genesi di eventi incidentali anche a causa di effetti secondari legati alla percezione. La strada rappresenta lo spazio fisico più prossimo al veicolo in moto e all'utente, così da assumere un peso molto rilevante in relazione alle dinamiche del veicolo e alla percezione del guidatore, inoltre a differenza di fenomeni temporali, come ad esempio variazioni meteo climatiche, è una presenza costante nel sistema che esercita i suoi effetti su tutti gli utenti della strada.

[1] Nelle teorie economiche l'analisi Cost-Benefit (C.B.A.) è uno degli strumenti più utilizzati per la valutazione degli effetti conseguenti un intervento. Al fine di rendere efficiente l'analisi bisogna tradurre i benefici attesi o ottenuti in termini monetari, da qui la necessità del *WtP* o Disponibilità a Pagare, ovvero "*come si concretizza nel prezzo di mercato, nei limiti in cui questo esista e sia non distorto; oppure, in via subordinata, attraverso il riferimento al sistema di preferenze dei consumatori, rilevato in modo diretto o desunto dai loro comportamenti." (Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera , 2013b)*

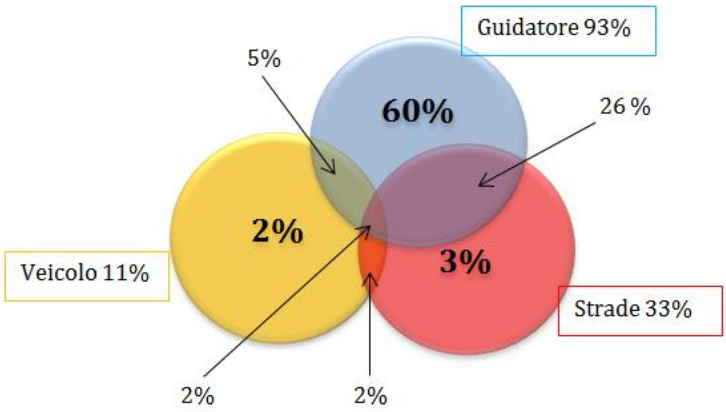


Figura 1:Distribuzione delle cause degli incidenti, Lamm , 1988

In virtù di tali riflessioni appare logico orientare la valutazione della performance di sicurezza di una strada sull'infrastruttura fisica del moto, tenendo conto delle interazioni che essa esercita e riceve dalle altre componenti del sistema, all'interno di un approccio sistematico, che integri diverse scale temporali, territoriali e prospettive multiattoriali.

Si fa sempre più evidente la complessità del tema della sicurezza stradale: fattori esogeni [2]ed endogeni[3] al sistema, in ragione della loro influenza sull'elemento stradale, possono variare notevolmente gli standard di sicurezza in esercizio, innalzando il rischio di incidente. Essi possono derivare da diversi ambiti:

- tecnologico e infrastrutturale, in relazione alla dotazione tecnologica sia *infrastructure based* sia *on board*: si possono considerare sistemi di controllo della velocità e dei flussi di traffico, di infomobilità, sensori per il monitoraggio di parametri connessi con la circolazione stradale e ambientali;
- urbanistico e di qualità progettuale dell'infrastruttura, in relazione alle condizioni di mobilità: corretto inserimento ambientale e paesaggistico e una conforme progettazione favoriscono una corretta percezione del tracciato da parte dell'utente a scapito di comportamenti pericolosi.
- culturale e sociale, legato da un lato, ai comportamenti dei diversi attori, in termini di atteggiamento verso la norma e il rischio, di uso del tempo e percezione della velocità; dall'altro lato ai costi umani, sociali ed economici delle conseguenze dell'incidentalità stradale;
- legislativo e organizzativo, connesso con le pratiche repressive, il controllo e la vigilanza, la formazione degli operatori e l'educazione degli utenti della strada, la prevenzione e la mitigazione del rischio attraverso la diffusione di una nuova cultura orientata alla sicurezza stradale.

Alle componenti citate bisogna aggiungere l'incidenza determinante del fattore umano, in termini di attitudine alla guida e capacità di reazione, elemento che risulta totalmente al di fuori delle metodologie di controllo poiché rappresenta l'elemento di variabilità e vulnerabilità intrinseco al sistema di mobilità stradale.

[2] Con fattori esogeni si intendono tutti gli elementi che a vario titolo possono influenzare il livello di sicurezza di una infrastruttura stradale, ma che si originano al di fuori del sistema "strada, veicolo utente"; ne sono esempi le condizioni meteo, rischio idrogeologico, sisma, etc …

[3] Con fattori endogeni si intendono i fattori che si originano dentro il Sistema Strada, come elementi geometrici, elementi di arredo, segnaletica, etc …

Se la l'infrastruttura fisica è l'oggetto dello studio, l'utente è il filtro attraverso il quale la sicurezza viene letta: lo strumento che consente tale azione è la sua **percezione**. Nella dinamica di guida l'utente adatta il suo comportamento in ragione degli stimoli esterni che riceve, così che l'efficacia delle scelte progettuali in ambito di sicurezza può essere valutata anche mediante la rispondenza delle sue azioni alle scelte del tecnico.

Mentre infatti per tecnici e progettisti di strade le sicurezza è definita come l'eliminazione delle cause degli incidenti e/o la riduzione della gravità degli stessi, attraverso azioni strutturali e funzionali orientate alla mitigazione sull'oggetto strada, l'utente realizza la misura della sicurezza come percezione, ovvero senso di comfort e sicurezza colto nell'atto di percorrere un dato itinerario secondo la modalità da egli prescelta.

Questa prospettiva fa decadere il vecchio approccio alla progettazione basato su verifica di standard geometrici per ogni elemento del tracciato, premiando un'ottica che mira ad individuare i fattori legati all'ambiente stradale, sia esogeni e sia endogeni, che esercitano maggiore influenza sul comportamento dell'utente, mediante lo strumento della percezione; tale meccanismo si fonda su una profonda analisi e conoscenza dell'infrastruttura, al fine di individuare le sue responsabilità dirette ed indirette, così da porre in atto adeguate azioni di mitigazione.

1.2 Numeri dell' incidentalità stradale

L'incidentalità rappresenta ad oggi il parametro più efficace ed in stretta connessione con la condizione di insicurezza di una infrastruttura di trasporto: la frequenza di tali eventi e la loro gravità sono indicatori comprensibili e tangibili di un fenomeno che riguarda la totalità dei fruitori della rete. Tuttavia la storia incidentale di un sito non ne rappresenta a pieno ed in maniera attuale le caratteristiche di sicurezza, ma può essere considerato come un utile strumento per l'individuazione di siti critici e per la definizione delle priorità di intervento (Canale S. et al., 2009).

La condizione in cui il patrimonio infrastrutturale imperversa da anni, e la sua spiccata inadeguatezza nei confronti di mutate esigenze di mobilità, hanno contribuito ad accrescere il rischio di incidentalità, situazione aggravata da una diffusa condizione di cattiva manutenzione e standard progettuali ormai obsoleti rispetto al parco macchine circolante e alle abitudini di guida degli utenti. Tale tendenza è confermata da dati empirici a livello mondiale: il fenomeno incidentale su strada ha visto una costante ascesa negli ultimi 20 anni, trend che gli ha procurato un primato tra le cause di morte a livello mondiale (Peden M. et al., 2004) , come riportato in Figura 2.

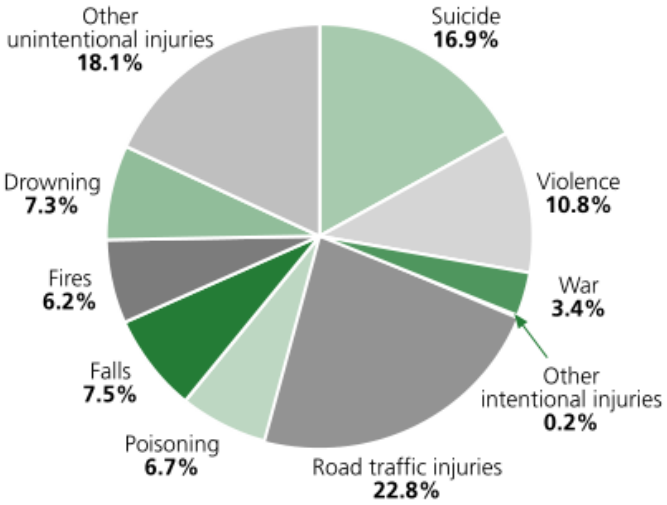


Figura 2: Distribuzione delle cause di morte ,Peden M. et al., 2004

Tali numeri legati al fenomeno dell'incidentalità dovrebbero far riflettere, invece si riscontra una generale tendenza a minimizzare l'onere sociale in termini di perdite umane a fronte di una serie di vantaggi che la mobilità su gomma offre: libertà di scelta dei tempi e dell'itinerario, la comodità di arrivare all'esatta destinazione rendono un così alto numero di vittime un costo sopportabile per il sistema. E' evidente che, rispetto ad altre modalità di trasporto, la mobilità su strada presenta un livello di pericolosità intrinseca decisamente maggiore, condizione che da un lato può essere attribuita a caratteristiche proprie dell'infrastruttura (cattiva gestione e manutenzione), mentre dall'altro è legata alle caratteristiche funzionali del sistema, cioè interazioni delle correnti di traffico, eterogeneità delle classi veicolari e attitudini comportamentali dei diversi conducenti. E' evidente che una elevata pericolosità del sistema, associata ad una notevole esposizione attribuita alla grande diffusione dell' auto come mezzo di trasporto produce un aumento naturale del rischio di incidente.

Data la natura interdisciplinare del fenomeno incidentale, si riscontra una duplice tendenza tra Paesi a medio basso reddito e Paesi più avanzati economicamente, come visibile nella mappa riportata in Figura 3 . La stessa tendenza si riscontra anche tra paesi Europei.

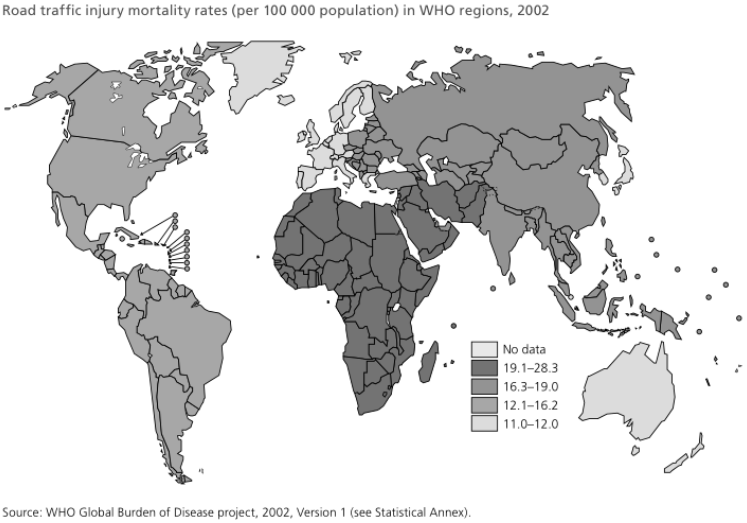


Figura 3:Distribuzione mondiale dell'indice di incidentalità in rapporto alla popolazione, Peden M. et al., 2004

Come emerso dagli studi di diversi autori, come Jacobs G.D. (1982), di nota un legame tra Paesi in via di sviluppo e incremento del tasso di mortalità su strada, coinvolgendo in maniera massiccia le utenze deboli. Le cause di questa tendenza sono da ricercare nella crescita non simultanea della motorizzazione, e dello sviluppo urbanistico e sociale del Paese: infrastrutture non adeguati, ignoranza nei confronti della sicurezza stradale e mancanza di controllo da parte delle autorità sono i fattori principali alla base di tale evidenza (G. Al Haji , 2005).

1.2.1 CASO EUROPA

Il quadro Europeo dell'incidentalità non offre prospettive migliori: fonti autorevoli (Commissione Europea, 2003 a) stimano 1 300 000 incidenti annui che causano più di 40 000 morti e 1 700 000 feriti, generando un onere economico che ammonta a circa il 2 % del PNL dell'UE. Nonostante l'impegno dell' Unione Europea l'annuale tributo di vittime legato al fenomeno incidentale è ad oggi ancora inaccettabile: il trend generale riflette una diminuzione del numero delle vittime della strada a fronte di un aumento di traffico, segnale positivo tuttavia non ancora sufficiente a corrispondere in maniera globale agli obiettivi fissati dall'Unione Europea. Infatti il Libro Bianco "La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte"definisce l'obiettivo di ridurre del 50% il numero dei morti in incidenti stradali rispetto al 2000 (Commissione Europea, 2001) [4] e il successivo *Terzo programma di azione* (Commissione Europea, 2003 b) ne sintetizza le azioni prioritarie. L'insieme di questi due strumenti ha rappresentato la prima azione congiunta e strutturata, finalizzata alla riduzione delle vittime della strada sulla base di un programma di azione mirato, da attuare in maniera coerente e coordinata dagli Stati membri con scadenza al 2010; l'adesione al Programma è volontaria, ma la leva è quella della *collaborazione* e ribadendo la trasversalità con cui tale fenomeno interessa tutti gli Stati, imperniando l'azione di cooperazione sul tema della "Responsabilità condivisa". Con questo manifesto la Commissione Europea ha proposto un approccio armonizzato tra i diversi Stati membri, orientato al conseguimento di obiettivi di sicurezza stradale sulla rete TEN, materializzato nella recente *Direttiva 2008/96/CE* del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali (Parlamento Europeo, 2008).

Per garantire continuità nell'azione di sensibilizzazione e prevenzione del fenomeno incidentale, e visti i risultati tuttavia incoraggianti perseguiti al primo traguardo 2010 in cui si è riscontrata una riduzione del 40% del tasso di mortalità rispetto ai livelli del 2001, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite e la Commissione Europea hanno attivato a partire dal 2010 un nuovo decennio (2011-2020) di attività alla luce del Libro Bianco del 2011 (Commissione Europea, 2011)[5]. Dal documento emerge la ferrea volontà orientata all'abbattimento del dramma incidentale entro il 2050, ricorrendo soprattutto all'impiego di nuove tecnologie, al quale viene accostata la tematica della sostenibilità ambientale ed energetica, in relazione agli obiettivi perseguibili attraverso un riassetto delle modalità di trasporto ispirato da tali principi.

---

[4] Commissione Europea, (2001), "La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte", Libro Bianco, [COM(2001) 370 def 2001 Bruxelles 2001.
Fonte sito web :Europa- Siti della legislazione UE
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52001DC0370:IT:HTML

[5] Commissione Europea, (2011), "Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti", Libro Bianco,COM (2011) 144,. Fonte sito web: Europa- Siti della legislazione UE,
http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/motor_vehicles/technical_implications_road_safety/l24257_it.htm , 2011.

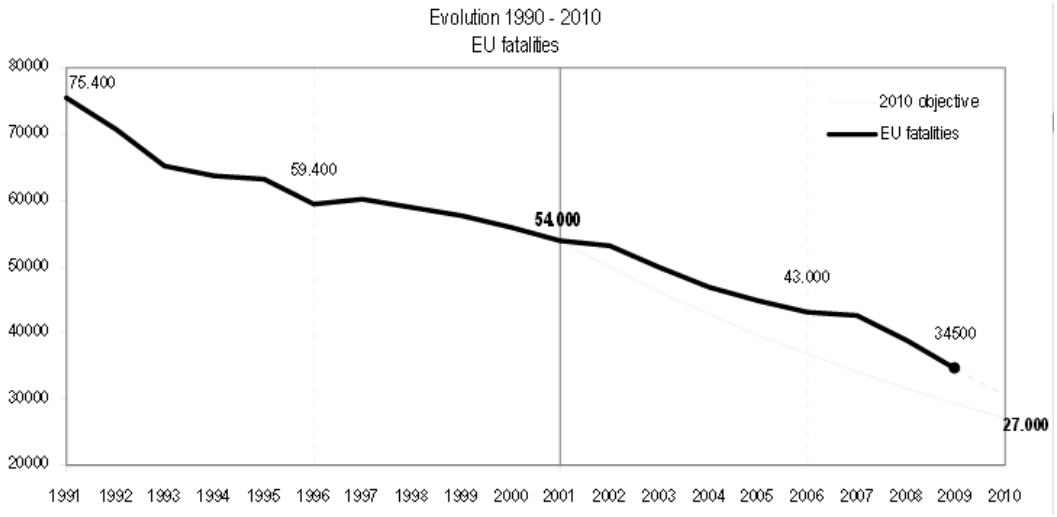


Figura 4:Andamento della situazione incidentale a seguito dell'attuazione del Terzo Programma, Commissione Europea, 2010

Le politiche di programmazione europea si confrontano tuttavia con una tendenza della situazione incidentale abbastanza incoraggiante per il 2012: fonti ufficiali evidenziano un decremento dello 8% del numero dei decessi rispetto all'anno precedente, riscontrando nel caso italiano un valore pari a 60.1 morti per un milione di abitanti, collocandosi al tredicesimo posto nella graduatoria europea, dietro Regno Unito, Spagna, Germania e Francia. (ACI e ISTAT, 2013)[6]

PROSPETTO 2. MORTI IN INCIDENTI STRADALI NEI PAESI MEMBRI DELL'UNIONE EUROPEA (UE27)
Anni 2011 e 2012, valori assoluti, variazione percentuale e morti per milione di abitanti *(a)*

PAESI UE27	Valori assoluti		Variazione percentuale *(b)*	Morti per milione di abitanti	
	2011	2012*	2012/2011	2011	2012
Austria	523	522	- 0,2	62,2	61,8
Belgio	858	750	- 12,6	78,3	67,6
Bulgaria	658	605	- 8,1	87,7	82,6
Cipro	71	51	- 28,2	88,3	59,2
Danimarca	220	175	- 20,5	39,6	31,4
Estonia	101	87	- 13,9	75,4	64,9
Finlandia	292	255	- 12,7	54,3	47,2
Francia	3.963	3.653	- 7,8	62,8	57,6
Germania	4.009	3.601	- 10,2	49,0	44,0
Grecia	1.141	1.027	- 10,0	100,9	91,0
Irlanda	186	162	- 12,9	41,5	35,3
Italia	3.860	3.653	- 5,4	63,7	60,1
Lettonia	179	177	- 1,1	80,3	86,7
Lituania	297	301	1,3	91,5	100,1
Lussemburgo	33	34	3,0	64,5	64,8
Malta	17	9	- 47,1	40,7	21,6
Paesi Bassi	661	650	- 1,7	39,7	38,9
Polonia	4.189	3.571	- 14,8	109,7	92,7
Portogallo	891	743	- 16,6	83,8	70,5
Regno Unito	1.960	1.768	- 9,8	31,4	28,1
Repubblica Ceca	773	738	- 4,5	73,4	70,2
Romania	2.018	2.042	1,2	94,2	95,6
Slovacchia	324	295	- 9,0	59,6	54,6
Slovenia	141	130	- 7,8	68,8	63,2
Spagna	2.060	1.834	- 11,0	44,6	39,7
Svezia	319	286	- 10,3	33,9	30,2
Ungheria	638	605	- 5,2	63,9	60,8
EU27	30.382	27.724	- 8,8	60,7	55,0

* Dati 2012 provvisori per Austria, Belgio, Bulgaria, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Paesi Bassi, Portogallo, Regno Unito, Slovacchia e Spagna
(a) Fonte: European Transport Safety Council, Annual PIN report. Year 2012-2013 - http://www.etsc.eu/PIN-publications.php
(b) La variazione percentuale per il 2012 è calcolata con la seguente formula: $((M^{2012}/M^{2011})-1)*100$

Tabella 1:Morti in incidenti stradali nel Paese per milione di abitanti, ACI E ISTAT, 2013

[6] ACI e ISTAT, (2013)- "Incidenti stradali in Italia", Fonte sito web ISTAT http://www.istat.it/it/archivio/93694, consultato 7/12/3013.

Una fotografia degli obiettivi raggiunti al 2011 in relazione alla riduzione del fenomeno incidentale in Europa e delle iniziative intraprese in linea con quanto incoraggiato nel primo Libro Bianco è offerta dal *6th Road Safety Performance Index* [7](PIN), progetto guidato da forte spirito di innovazione e condivisione di buone pratiche, realizzato dal *European systemsport Safety Council*[8] (ETSC ,2012). Sulla base degli studi europei Lituania, e Romania hanno registrato nel corso dello scorso anno il maggior decremento in termini di vittime incidentali; analogo trend positivo si è riscontrato per la Norvegia, che ha conseguito in un solo anno una riduzione del 20%, mentre Spagna, Bulgaria, Ungheria, Grecia e Danimarca, Irlanda, Repubblica Ceca hanno registrato una riduzione superiore al 10%. Paesi dotati di una buona rete infrastrutturale e che hanno confermato nel corso degli anni una tendenza al miglioramento, nel 2011 non hanno corrisposto le aspettative, mostrando una inversione di tendenza: è il caso di Olanda, Germania e Regno Unito, mentre Irlanda e Portogallo hanno raggiunto gli Obiettivi europei del 2010 con un anno di ritardo. La Figura 5 mostra la situazione fotografata dal 6th PIN al 2011.

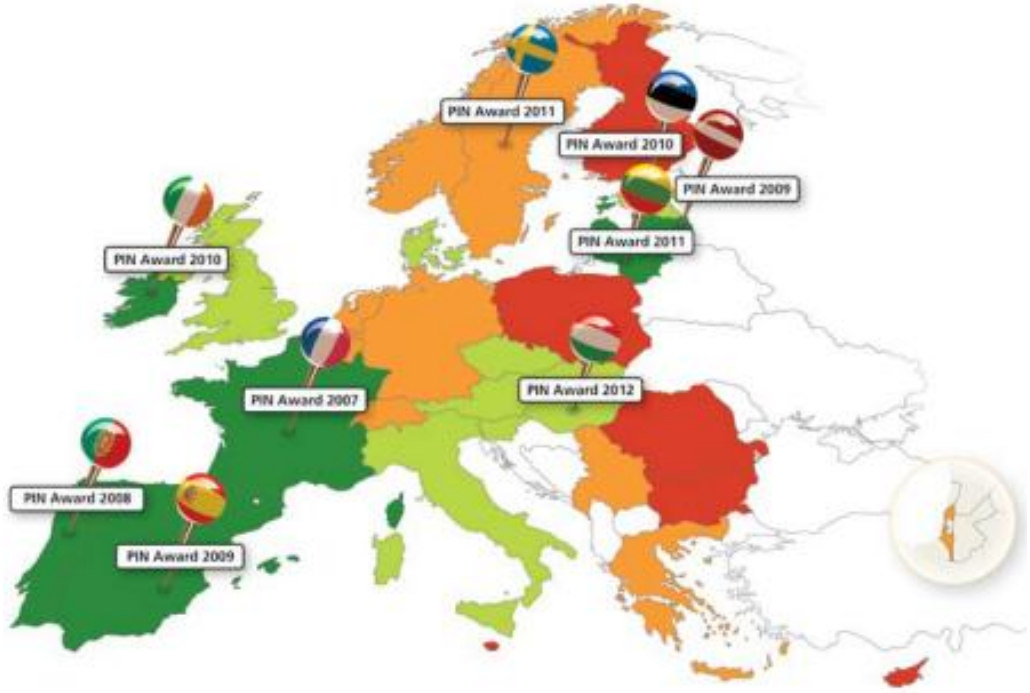


Figura 5: Risultati raggiunti dai Paesi Europei nel 2011, ETSC ,2012.

Dei 31 stati partecipanti al programma PIN, 18 hanno mostrato una tendenza positiva alla riduzione dei decessi, mentre i rimanenti hanno visto crescere il bilancio di vittime, coinvolgendo in questo fenomeno anche Paesi che hanno mostrato una generale tendenza al miglioramento, attribuendo una quota di responsabilità alla crisi economica mondiale. Il grafico in Figura 6 riporta il trend di cambiamento nel numero di decessi coinvolti in incidenti stradali tra il 2010 e il 2011.

[7] Il 6 th PIN è fornisce un quadro relativo alle performance dei paesi europei in maniera di sicurezza, focalizzandosi sui primi risultati raggiunti in vista del traguardo del 2020 proposto nel Libro Bianco del 2011.

[8] L' European Transport Safety Council (ETSC) è una organizzazione non governativa , fondata nel 1993 come risposta al persistente e inaccettabile fenomeno dell'incidentalità (ETSC ,2012).

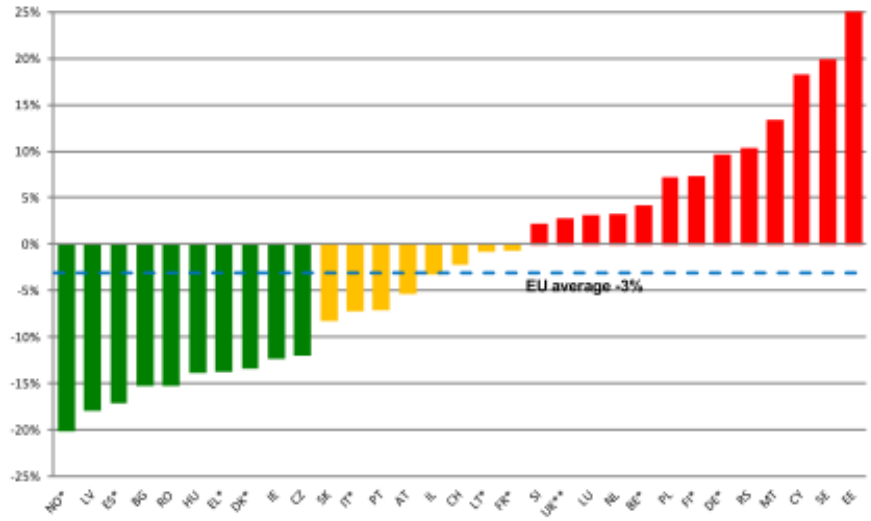


Figura 6:Trend del fenomeno incidentale in Europa tra il 2010 e 2011, Peden M. et al., 2004

Confrontando il trend complessivo europeo del 2011 con i 3 anni precedenti si rileva una diminuzione del tasso di decrescita del fenomeno della mortalità. Da un tasso di riduzione del 5.7% del 2001, l'Europa ha accorciato le distanze dall'obiettivo del 2020 di solo 3% a fronte di un tasso necessario del 6.7% annuo. Significativo è il grafico di Figura 7 che fotografa il miglioramento che ogni stato membro è riuscio a perseguire nel decennio 2001- 2011 in termni di riduzione di mortalità per cause legate alla strada.

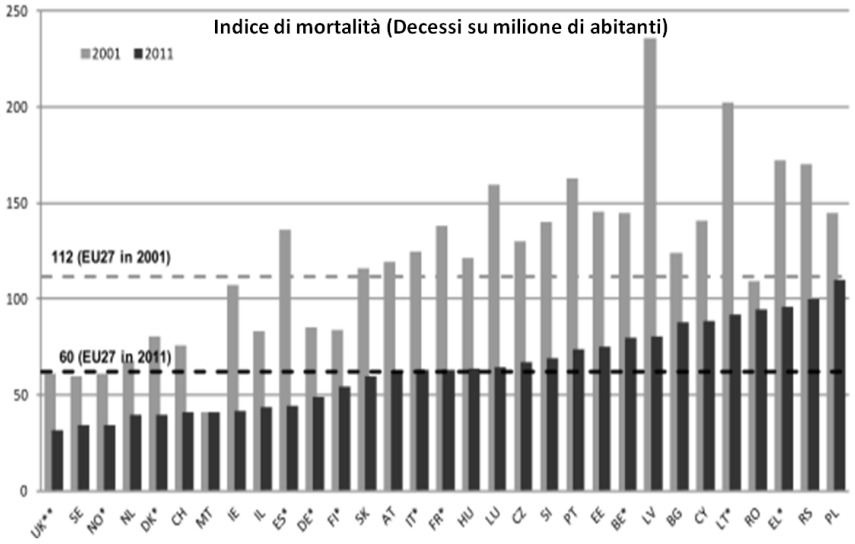


Figura 7:Andamento dell'Indice di mortalità in Europa nel decennio 2001-2011 in relazione agli abitanti, Peden M. et al., 2004

Al fine di rendere comparabili situazioni afferenti a realtà territoriali e politiche differenti, ci si affida ad indicatori di riferimento: la Figura 7 riporta la variazione del numero di incidenti per anno, scelto dalla Commissione come rappresentativo dei trend dei diversi Paesi in materia di politiche ed azioni di prevenzione; per analisi più dettagliate del fenomeno è bene impiegare, come mostrato in Figura 7 indicatori quali dell'*indice di mortalità*, espresso in relazione ad un dato di esposizione, in questo caso al numero di morti per milione di abitanti, mentre Figura 8 è un dato più significativo ai fini dell'analisi di sicurezza poiché relazione il numero di decessi con l'esposizione in termini di traffico, (bilioni di veicolo-km).

Figura 8:Andamento dell'Indice di mortalità in Europa nel decennio 2001-2011 in relazione al traffico, Peden M. et al., 2004

Da tale riflessione si evince che uno degli elementi che più influisce sulla qualità delle analisi è la disponibilità di una solida banca dati: tale problematica accomuna tutte le organizzazioni impegnate in analisi sulla sicurezza stradale. Inoltre bisogna osservare che la disponibilità del dato non garantisce una qualità sufficiente: la scarsa affidabilità e la limitata interoperabilità tra i protocolli impiegati dai diversi soggetti rende l'analisi incidentale un passo importante ma particolarmente complesso. A livello europeo, ad esempio, il Terzo programma d'azione per la sicurezza stradale ha individuato tra i settori principali d'intervento l'ottimizzazione della raccolta, l'analisi e la diffusione dei dati degli incidenti, proponendo l'implementazione di database completi e disaggregati per poter analizzare le cause, le circostanze e le conseguenze degli incidenti (Commissione Europea, 2003 b). A tale scopo il database *CARE* (Community database on Accidents on the Roads in Europe), implementato a partire dal 1993 ed entrato in funzione nel 1999 rappresenta uno strumento fondamentale: esso convoglia i dati degli incidenti stradali avvenuti su territorio europeo, che hanno procurato morti o feriti, garantendo un'elevata disaggregazione con la possibilità di effettuare diverse tipologie di analisi.

L'IRTAT -*International Road Traffic and Accident Database*, è una raccolta di dati incidentali mantenuta e gestita dalla OECD[9] e dall' International Transport Forum (ITF)[10]. Il sistema entrato in funzione nel 1988 in Germania, contiene dati inerenti eventi incidentali accaduto in Europa e non solo, rappresentando un punto di riferimento anche per analisi multivariate.

Dall'analisi di risorse e metodologie è evidente che, al fine del raggiungimento globale dei traguardi e standard di sicurezza auspicati dall'Unione Europea, molto deve essere ancora fatto, soprattutto se si considerano le innovazioni e gli ulteriori scopi introdotti dal successivo Libro Bianco del 2011, con riferimento al tema della sostenibilità e all'impiego integrato di soluzioni ICT. Infatti gli obiettivi strategici che afferiscono al programma per la sicurezza stradale introdotto dalla Commissione Europea dal titolo: "*Towards a European road safety area: policy*

[9] O.E.C.D. Organisation for Economic Co-operation and Development, fondato nel 1961 è una organizzazione economica internazionale di 34 paesi al fine di promuovere il progresso economico e il mercato mondiale (Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera, 2013 c).

[10]I. T. F. International Transport Forum è una organizzazione inter governativa, parte dell'OECD, della quale fanno parte 54 stati il cui scopo è quello di creare una nuova agenda globale dei trasporti, affinché essa contribuisca allo sviluppo sostenibile , prosperità e coinvolgimento e innalzamento della qualità della vita, svolgendo anche la funzione di collettore di buone pratiche (Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera,2013 d).

orientations on road safety 2011-2020" (Commissione Europea, 2010) prevedono una ulteriore riduzione del 50% delle vittime sulla strada, e un notevole impiego delle ICT [11]con finalizzato alla realizzazione del Sistema Strada intelligente.

1.2.2 NUMERI DEL FENOMENO IN ITALIA

"La sicurezza delle persone, nella circolazione stradale, rientra tra le finalità primarie di ordine sociale ed economico perseguite dallo Stato".

Così recita il primo articolo del *Codice della Strada* (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 1992) che evidenza l'importanza attribuita al tema della sicurezza stradale in ambito nazionale. Nonostante l'impegno profuso per l'attuazione di azioni efficaci alla luce del Piano Nazionale delle Sicurezza Stradale (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2000) nell'ultimo decennio i numeri rappresentativi del fenomeno incidentale nel nostro Paese sono stati poco incoraggianti. Gli obiettivi ad oggi raggiunti lambiscono appena la media dell'EU27, collocandosi tra i Paesi a Media incidenza incidentale: come confermato da fonti istituzionali (ACI E ISTAT, 2013) il trend ampiamente discendente del numero di morti, (attestatosi su in valore di riduzione del numero di decessi intorno al 48.5% e per i feriti del 29.1%), si conferma anche per l'anno 2012; analogamente la gravità degli incidenti risulta in diminuzione poiché il tasso di mortalità, calcolato come rapporto tra il numero di morti e la popolazione residente (per 1.000.000 di abitanti), è passato da 124.5 nel 2001 a 60.1 nel 2012. E' ragionevole attribuire parte di responsabilità di questo risultato anche all'entrata in vigore del Decreto Legge n. 151 "Modifiche ed integrazioni al codice della strada", che ha introdotto la patente a punti e nuove regole in tema di circolazione e relative sanzioni (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2003).

Dall'analisi dei dati statistici risulta una duplice tendenza: il maggior numero degli incidenti si concentra nelle aree urbane, ove l'esposizione al rischio d'incidente è maggiore, in corrispondenza delle quali nel 2012 si sono verificati il 75.9% del totale degli eventi, mentre si riscontra una maggiore gravità in area extraurbana, attribuibile alle più elevate velocità consentite, Tabella 1.2.

Anno 2012, valori assoluti, indice di mortalità e variazioni percentuali 2012/2011

CATEGORIA DELLA STRADA	Incidenti	Morti	Feriti	Indice di mortalità (a)	Variazione percentuale Incidenti 2012/2011	Variazione percentuale Morti 2012/2011	Variazione percentuale Feriti 2012/2011
Strade urbane	141.715	1.562	191.521	1,10	-9,7	-10,4	-10,1
Autostrade e raccordi	9.398	330	15.852	3,51	-14,6	-2,4	-14,4
Altre strade (b)	35.613	1.761	57.343	4,94	-5,3	-1,0	-5,2
Totale	186.726	3.653	264.716	1,96	-9,2	-5,4	-9,3

Tabella 2:Incidenti stradali con lesioni a persone secondo la categoria della strada, ACI e ISTAT, 2013

Tuttavia il trend totale rispetto al numero di incidenti rivela, per il 2012, una riduzione su tutti gli ambiti stradali, e maggiormente accentuata nel caso di autostrade, risultato attribuibile all'azione di prevenzione e controllo effettuata anche mediante l'adozione del sistema *Tutor di controllo elettronico della velocità media*, uno dei primi sistemi di monitoraggio *infrastructure based* frutto delle nuove tecnologie.

L'indice di mortalità conferma che la gravità degli incidenti raggiunge livelli molto preoccupanti in ambito extraurbano, dove si verificano 4.94 decessi ogni 100 incidenti, subito seguito dal caso

[11] ICT *Information and Communication Technology*: afferiscono a questa famiglia i servizi ed i metodi dell'informazione e della telecomunicazione atti all'acquisizione, analisi e diffusione di informazioni.

autostradale. Analizzando invece la tipologia di strada in termini di organizzazione della sede stradale, il valore massimo si registra per le strade a una carreggiata e a doppio senso di marcia, quelle che a livello internazionale vengono definite *Rural Roads*, e che possono essere riconosciute nelle strade di categoria **C** (strade extraurbane secondarie) e la categoria **F** (strade locali extraurbane), come da classifica tecnico funzionale riportata nel Codice della Strada (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 1992), come riportato in Tabella 3.

TIPO DI STRADA	Incidenti	Morti	Indice di mortalità (b)
Una carreggiata a senso unico	2.725	49	1,80
Una carreggiata a doppio senso	29.218	1.581	5,41
Doppia carreggiata, più di due carreggiate	3.670	131	3,57
Totale	**35.613**	**1.761**	**4,94**

Tabella 3:Incidenti stradali con lesioni a persone sulla rete stradale extraurbana, ACI e ISTAT,2013

Gli ambiti urbani, in virtù del maggior numero di interazione tra le tipologie di utenze, la maggiore densità veicolare e la tipologia di contesto, si confermano i luoghi a più elevata incidenza soprattutto in termini di feriti: nel 2009 sulle strade urbane si sono verificati 163 716 incidenti (76% del totale), che hanno causato 223 166 feriti (pari al 72,6% del totale) e 1 892 morti (pari al 44,7% del totale).

La tipologia di incidente più frequente si verifica tra due veicoli, con una maggioranza di scontro frontale-laterale, seguito dal tamponamento; con riferimento ai soli incidenti mortali, lo scontro frontale-laterale, la fuoriuscita e l'investimento di pedone raggiungono le incidenze più elevate (23.0%, 19.7% e 15.5%), come riportato in Tabella 4 e Figura 9

NATURA DELL'INCIDENTE	Valori assoluti			Valori percentuali			Indice di mortalità *(a)*
	Incidenti	Morti	Feriti	Incidenti	Morti	Feriti	
Scontro frontale	11.284	589	19.028	6,1	16,2	7,2	5,22
Scontro frontale-laterale	63.560	842	93.670	34,0	23,0	35,4	1,32
Scontro laterale	22.251	174	29.151	11,9	4,8	11,0	0,78
Tamponamento	33.777	325	55.447	18,1	8,9	20,9	0,96
Urto con veicolo in momentanea fermata o arresto	6.245	78	8.501	3,3	2,1	3,2	1,25
Totale incidenti tra veicoli	**137.117**	**2.008**	**205.797**	**73,4**	**55,0**	**77,7**	**1,46**
Investimento di pedone	18.915	534	21.400	10,1	14,6	8,2	2,82
Urto con veicolo in sosta	2.066	36	2.429	1,1	1,0	0,9	1,74
Urto con ostacolo accidentale	7.778	296	9.661	4,2	8,1	3,6	3,81
Urto con treno	9	0	11	0,0	0,0	0,0	0,00
Fuoriuscita	17.098	724	21.396	9,2	19,8	8,1	4,23
Frenata improvvisa	768	5	857	0,4	0,1	0,3	0,65
Caduta da veicolo	2.975	50	3.165	1,6	1,4	1,2	1,68
Totale incidenti a veicoli isolati	**49.609**	**1.645**	**58.919**	**26,6**	**45,0**	**22,3**	**3,32**
Totale	**323.843**	**3.653**	**264.716**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**1,13**

(a) Rapporto tra il numero dei morti e il numero degli incidenti con lesioni a persone moltiplicato 100.

Tabella 4:Incidenti stradali con lesioni e persone infortunate secondo la natura ,ACI e ISTAT,2013.

L'indice di mortalità mostra come lo scontro frontale sia la tipologia più pericolosa (5.22 decessi ogni 100 incidenti), seguita dalla fuoriuscita di strada (4.23 decessi ogni 100 incidenti), dall'urto con ostacolo accidentale (3.81 decessi ogni 100 incidenti), e dall'investimento di pedone (2.82 decessi ogni 100 incidenti); stessa tendenza si conferma analizzando il sottoinsieme degli incidenti mortali.

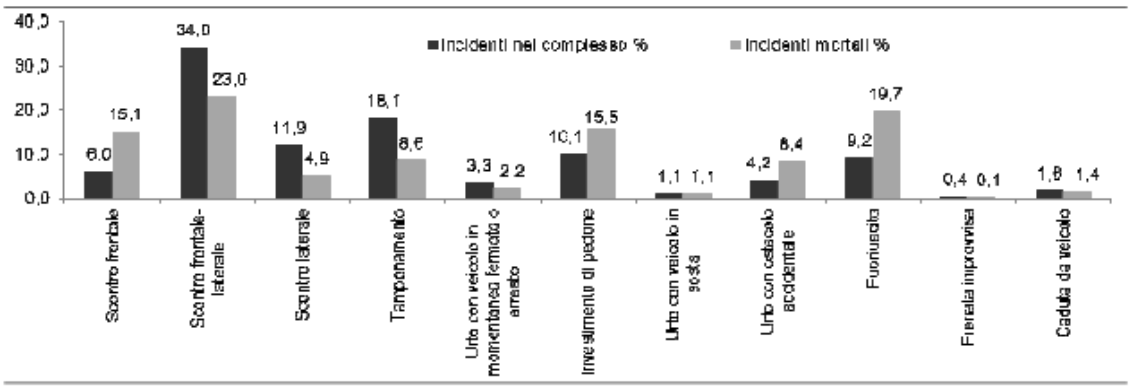


Figura 9: Incidenti stradali con lesioni a persone nel complesso e mortali secondo la natura, ACI e ISTAT, 2010

In relazione all'obiettivo fissato dall'Unione Europea nel Libro Bianco del 2001, che prevede la riduzione della mortalità del 50% entro il 2010, il nostro Paese ha registrato nel decennio di riferimento una riduzione del 40.3% del numero di morti in incidenti stradali, valore superiore a quello rilevato per l'UE a 27 Paesi (-35.1%).

Nel nostro Paese l'approccio statistico si conferma la metodologia più diffusa per il trattamento dei dati incidentali, come misura del livello di sicurezza della rete. L'onere dell' attività di rilevazione e diffusione dei dati ufficiali è affidato a partire dal 1991 all'Istituto Nazionale di Statistica ISTAT e all'Automobile Club Italia ACI, che agiscono di concerto con il Ministero dell'Interno, la Polizia Stradale, i Carabinieri, la Polizia Provinciale, quella Municipale e gli Uffici di Statistica dei comuni capoluogo di provincia e di alcune province, in virtù di una convenzione firmata da tali soggetti, impegnati a favore della creazione di una cultura della sicurezza stradale.

La rilevazione dei dati incidentali avviene per mano dei rappresentanti delle Forze pubbliche dispiegate sul territori che intervengono in caso di incidente stradale e che, nel caso di evento in cui è coinvolto un veicolo in circolazione sulla rete e che comporti danni alle persone, essi sono chiamate a compilare il modello *ISTAT Ctt/Inc*[12], denominato "Incidenti stradali". Il modello statistico contiene tutte le informazioni che consentono di localizzare l'incidente, e comprenderne al dinamica: data e luogo del sinistro, organismo pubblico di rilevazione, l'area e localizzazione (urbano o fuori abitato), dinamica del sinistro, tipo e numero di veicoli coinvolti, le circostanze che hanno generato l'evento e le conseguenze sulle persone e sui veicoli.

Negli ultimi anni, grazie al contributo delle nuove tecnologie in materia di localizzazione e a strumenti GIS[13] che facilitano le analisi su dati georiferiti, è emersa la necessità di disporre di informazioni spaziali più precise al fine di comprendere meglio i legami di causalità tra eventi incidentali e i fattori, anche stradali ed ambientali, che possono aver contribuito all'evento. A tal proposito sia le linee guida in materia di sicurezza stradale e sia comunicati dell'ISTAT auspicano a breve termine l'introduzione di metodologie innovative che consentano il georiferimento mediante coordinata spaziale dell'esatto luogo dell'incidente.

La qualità dell'informazione incidentale infatti è fortemente legata ai processi che la generano: incompletezza e imprecisione nell'atto del rilievo si traducono in una mancanza di informazione

[12] *ISTAT Ctt/Inc,* Fonte sito web ISTAT http://www3.istat.it/strumenti/rispondenti/indagini/incidentistradali/2011/CTT_INC_edizione%202011.pdf

[13] GIS- Geographic Information System- " è composto da una serie di strumenti software per acquisire, memorizzare, estrarre, trasformare e visualizzare dati spaziali dal mondo reale" (Burrough P.A.,1986)

ai fini delle analisi incidentali, condizione che si aggiunge a quella diffusa di scarsa disponibilità del dato in molte realtà territoriali.

L'indagine incidentale compiuta congiuntamente da ISTAT e ACI ha carattere censuario, rilevando quindi il fenomeno sull'intero territorio nazionale e producendo annualmente un rapporto statistico consuntivo dei principali fenomeni riscontrati in campo incidentale; ne deriva la necessità di disporre, ai fini del confronto tra le diverse realtà territoriali, anche sovranazionali, di indicatori standard in grado di rappresentare il fenomeno incidentale. I principali indici impiegati a livello nazionale e definiti dall'ISTAT sono:

- *Indice di Mortalità*: è il rapporto tra il numero dei decessi come conseguenza degli incidenti e il numero dei sinistri, per 100; può essere considerato un indice che esprime la gravità dell'incidente medio che si verifica su una data strada.
- *Indice di Gravità*: è il rapporto tra il numero dei decessi come conseguenza degli incidenti e il numero dei decessi e dei feriti come conseguenza degli incidenti, per 100; tale quantità esprime un indicatore di pericolosità, più fine rispetto Indice di Mortalità, in quanto, a parità di soggetti coinvolti in sinistri, cresce al crescere del numero di morti e dunque dell'esito letale della forma di sinistro considerata
- *Indice di Lesività*: è il rapporto tra il numero dei feriti come conseguenza degli incidenti e il numero dei sinistri, per 100; esso può essere considerato un indicatore di gravità (o di pericolosità) di incidenti, seppure limitato ai soggetti che, coinvolti in incidenti, non ne sono stati vittime.

E' tuttavia evidente che un tale approccio non fornisce informazioni sulle reali dinamiche incidentali dettate da possibili carenze nel Sistema *strada-veicolo-utente* nella sua complessità: basta pensare che l'incidentalità risente fortemente delle condizioni di viabilità dell'infrastruttura (capacità e flussi di traffico) e dell'ambiente nel quale essa si trova (esposizione anche in relazione ad utenze deboli). Da qui l'esigenza di definire degli indicatori, come il *tasso di incidentalità*[14] in grado di cogliere gli aspetti più significativi del fenomeno, pur restando all'interno di un approccio su base statistica, che poco informa tuttavia ccirca il sistema di responsabilità che conducono all'incidente stradale.

L'emergenza di un metodo orientato allo studio profondo del fenomeno dell'incidentalità, analizzando le cause che lo sottendono è chiara ai legislatori e agli esperti del settore da diversi anni, consapevolezza che ha condotto all'emanazione del D.Lgs n35 del 2011 recanti le linee guida per le analisi di sicurezza stradale(Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2011). I risultati ad oggi più pregevoli in ambito italiano riguardano la realizzazione di centri monitoraggio per l'analisi del fenomeno incidentale nelle varie realtà territoriali e promotori della sicurezza stradale tra la popolazione.

1.3 Sicurezza - incidentalità - rischio

Il livello di sicurezza che caratterizza una infrastruttura stradale è direttamente proporzionale sia al numero d'incidenti che su di essa accadono, e sia al danno su persone e cose che da essi consegue. Con il termine "**Sicurezza**" si intende il complesso delle caratteristiche, delle azioni e delle strategie necessarie per minimizzare le cause e i processi che possono generare condizioni

[14] T*asso di incidentalità: esprime il numero di incidenti verificati in un dato elemento stradale caratterizzato da una nota estensione, in un determinato periodo di tempo e in relazione al flusso di traffico che lo ha percorso.*

critiche per la mobilità; l'"**Incidentalità**" è generalmente definita come il complesso di eventi di natura aleatoria che possono generare **Danni** più o meno ingenti a cose e persone, in situazioni legate alla circolazione stradale. Anche se intercorrono evidenti legami tra questi concetti non è corretto utilizzarli come sinonimi, come già riscontrato da diversi autori (Hauer E. et al., 1997). Dalle definizioni fornite risulta evidente che la Sicurezza racchiuda la fenomenologia globale, fatta di interazioni tra le diverse componenti del sistema e delle loro caratteristiche, mentre l'incidentalità rappresenta l'esito infausto di una deficienza di tali peculiarità, determinando con il proprio accadimento una serie di danni a cose e persone. Nell'accezione classica la definizione di sicurezza presenta una forte componente aleatoria, prettamente legata al concetto di incidentalità, che ne rappresenta il criterio di valutazione principale, tanto da essere stata definita da diversi autori come:

"il valore atteso di incidenti, per tipologia e gravità, in un determinato periodo di tempo". (Canale S. et al., 2009)

Da tale definizione emerge la componente probabilistica che permea la metodologia classica: attraverso l'analisi della storia incidentale di un sito si è in grado di prevedere i trend del fenomeno e far emergere criticità strutturali e funzionali che possono esprimere con ripetitività il loro potenziale negativo. Vengono inoltre introdotti due nozioni fondamentali proprie della teoria del rischio: il concetto di *gravità*, inteso come danno possibile alla persone e alle cose, e il concetto di *esposizione* inteso come il numero di soggetti esposti alla probabilità di accadimento dell'evento in un dato momento, caratteristica del luogo. Tali elementi, insieme alla pericolosità, consentono di quantificare in maniera appropriata il livello di rischio incidentale che caratterizza l'infrastruttura, anche in virtù delle sue peculiarità. Poiché l'incidentalità è stata assunta nella metodologia classica come espressione dell'insicurezza, e considerando l'evidente legame con la teoria del rischio come metodo di analisi consolidato, si rende necessaria un'analisi dei legami che intercorrono tra tali concetti.

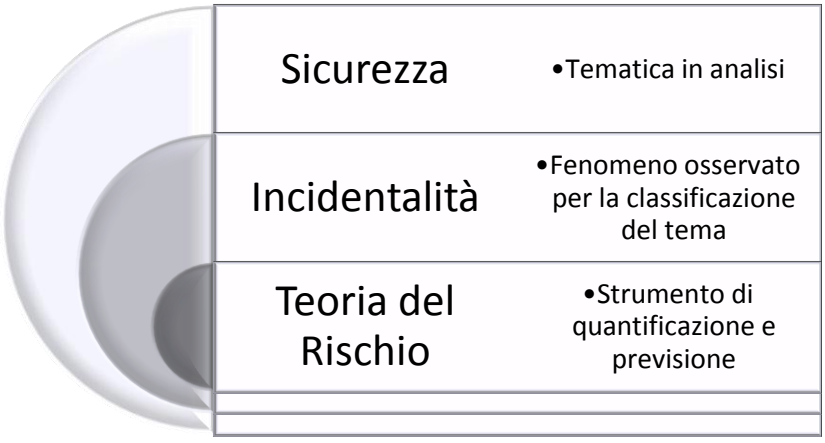


Figura 10:I concetti di Sicurezza, Incidentalità, Rischio

1.3.1 CONCETTO DI INCIDENTALITÀ

La Convenzione di Vienna del 1968 sulla circolazione stradale rappresenta il primo documento ufficiale che offre una visione strutturata ed integrata della problematica della sicurezza della mobilità, introducendo importanti definizioni sul tema, ancora ad oggi del tutto attuali. Essa definisce infatti l'incidente stradale come:

"il fatto verificatosi nelle vie o piazze aperte alla circolazione nel quale risultano coinvolti veicoli fermi o in movimento e dal quale siano derivate lesioni a persone. Per tale ragione, nel

caso in cui l'incidente riguardi soltanto danni alle cose, esso è escluso dal computo. Con tale definizione l'attenzione è dunque riservata esclusivamente ai casi di incidente verbalizzati e con danni alle persone." (Aci e Istat, 2013 b)

Altra definizione importante dell'incidentalità è fornita dalla World Health Organization:

"A road traffic injury is a fatal or non-fatal injury incurred as a result of a collision on a public road involving at least one moving vehicle. Children, pedestrians, cyclists and the elderly are among the most vulnerable of road users. (WHO, 2013[15])

Al fine di comprendere a pieno tale aspetto della mobilità, bisogna comprendere grandezze legate alle conseguenza dell'insicurezza stradale, ovvero i danni che il fenomeno dell'incidentalità reca alle persone coinvolte. Secondo fonti ufficiali (ACI e ISTAT, 2013 b) si definiscono:

"Morti: il numero di persone decedute sul colpo od entro il trentesimo giorno a partire da quello in cui si é verificato l'incidente. Tale definizione è stata adottata a decorrere dal 1° gennaio 1999 mentre nel passato il numero dei decessi includeva solo quelli avvenuti entro sette giorni dal momento del sinistro stradale."

"Feriti: numero dei soggetti che hanno subito lesioni al proprio corpo a seguito dell'incidente. Data la natura della rilevazione non è attualmente possibile distinguere i feriti in funzione del livello di gravità".

L'incidentalità esprime quindi una misura della pericolosità della strada, ovvero la sua propensione, espressa in termini di frequenza temporale e densità spaziale, ad essere teatro di eventi critici, mentre i suoi esiti su cose e persone ne determinano il danno. L'approccio allo studio di tipo reattivo, basato cioè sull'osservazione di fenomeni avvenuti, la rende importante ai fini dell'identificazione di particolari aree critiche dell'infrastruttura caratterizzate da particolari distribuzioni di eventi incidentali, che spesso presentano attributi simili, generalmente indicate come "Black Spots[16]".

Operativamente, ai fini dell'individuazione di tali aree in cui il livello incidentale è più elevato o presenta differenze dal trend della rete, si è ricorsi a indicatori differenti, atti a caratterizzare tale fenomenologia alla luce di scale territoriali differenti ed approcci al problema più o meno dettagliati. Ad oggi l'indicatore che maggiormente viene impiegato ai fini della caratterizzazione del tenore di incidentalità di una infrastruttura, con l'obiettivo di formulare un giudizio di sicurezza su base empirica, è il *Tasso di Incidentalità*. Esso è definito come:

"il numero di incidenti per unità di lunghezza registrati in un periodo predefinito (minimo 3 max 5 anni) in funzione del traffico giornaliero medio. Tale valore, riferito ad un tronco omogeneo, deve essere confrontato con dei valori di soglia, ottenuti in riferimento all'intera rete di pari livello .Dati necessari: esatta localizzazione degli incidenti sul tracciato e definizione delle tratte omogenee e il TGM." (AIPCR, 2010 b).

Esso è un indicatore relativo e non di tipo assoluto, poiché connesso a soglie stimate sulla base delle caratteristiche della rete in esame. La sua espressione analitica è:

[15] WHO, 2013, "Injuries, Traffic", World Health Organization,
Fonte sito web WHO;
http://www.who.int/topics/injuries_traffic/en/, controllata il 15/11/2013.
[16] I "black spot" sono quei siti in cui il tasso di incidentalità è superiore a un tasso medio della rete omogenea o definito per siti con caratteristiche simili.

$$T_i = \frac{N_i \cdot 10^6}{\sum_{t=1}^{T} TGM_{i,t} \cdot 365 \cdot L_i}$$

dove

T_i Tasso incidentalità del tronco omogeneo

N_i numero totale degli incidenti del tronco *i* riferiti al tempo T

T Periodo di riferimento espresso in anni

L_i Lunghezza di riferimento del tronco *i* espresso in km

$TGM_{i,t}$ Traffico Giornaliero Medio del tronco *i* nell'anno t

Il valore di soglia è espresso da:

$$T_{crit} = T_m + k \cdot \sqrt{\frac{T_m \cdot 10^6}{\sum_{t=1}^{T} TGM_{i,t} \cdot 365 \cdot L_i}} - \frac{1}{2 \cdot \sum_{t=1}^{T} TGM_{i,t} \cdot 365 \cdot L_i}$$

Dove:

$$T_m = \frac{\sum N_i \cdot 10^6}{\sum_{t=1}^{T} TGM_{i,t} \cdot 365 \cdot L_i}$$

-*k* coefficiente statistico basato su distribuzione di Poisson (valore tipico 1.645 per una probabilità d'errore del 5%);

- unità di misura: incidenti/10^6 veicoli km;

- frequenza rilievo: annuale.

Lo stesso tasso può essere declinato alla valutazione dei soli aspetti del fenomeno incidentale che producono vittime, creando il *tasso di moralità* o *di lesività*, se si considerano solo i feriti. Generalizzando infatti l'espressione analitica si denota il rapporto tra il numero di incidenti registrato in un dato elemento stradale in un determinato periodo di tempo, e un denominatore che esprime l'esposizione al fenomeno, ricalcando con una buona attinenza i concetti alla base della teoria del rischio.

La ragione che rende tale tipologia di indici più affidabile e significativa risiede nella possibilità di confrontare il fenomeno, rappresentato dalla numerosità degli incidenti, con altri fattori che fanno parte della definizione stessa di incidentalità: l'intervallo temporale di osservazione, l'estensione e il livello di traffico espresso dal Traffico Giornaliero Medio TGM, assumendo quindi il fattore di percorrenza veicolare con parametro di esposizione al rischio di incidente. In assenza di tale informazione, disporre solo dell'estensione produce errori dal confronto tra condizioni di sicurezza di strade che presentano caratteristiche differenti in termini di traffico (volume, velocità e composizione) e infrastrutturali.

Dal quadro tracciato emerge ancor di più la complessità dello studio legato al fenomeno dell' incidentalità che, essendo l'espressione finale di un gioco di fattori che si influenzano reciprocamente, non può altro che essere fondato su approccio probabilistico; come sostenuto da altri autori:

> *"L'incidente stradale deve essere considerato un fenomeno quantificabile soltanto con modelli di analisi del rischio, per i quali la probabilità di accadimento dell'incidente viene definita in funzione della probabilità che si verifichino determinate "* (F Nicosia F. , Leonardi S. , 1997).

Volendo dunque calcolare in via preventiva la probabilità incidentale in un determinato sito stradale, è necessario avvalersi della teoria del rischio, che è funzione della probabilità di accadimento di determinate condizioni sulla triade degli elementi del Sistema Strada. Il fattore umano, con la sue spiccata componente soggettiva, introducete un elevato grado di aleatorietà, in relazione al meccanismo percettivo alla base della funzione di guida. Le evidenze sperimentali conducono alla conclusione che spesso il livello rischio percepito non coincide con quello reale di incidente, condizione attribuibile sia alla mancata funzione di condizionamento esercitata dalla strada, e sia in relazione a fattori accidentali come quelli esogeni ambientali, dimostrando così come la valutazione soggettiva della sicurezza può portare esiti disastrosi. Si rende dunque necessario un approccio mirato alla quantificazione del livello di rischio caratterizzante l'infrastruttura, con lo scopo di analizzare il rapporto tra il livello di rischio previsto dal progettista e quello percepito dall'utente in fase di esercizio.

1.3.2 CONCETTO DI RISCHIO

Per comprendere il fenomeno incidentale è necessario analizzare e definire i livelli di rischio che conducono ad un evento critico, generando evidenti impatti sulle condizioni di sicurezza per la mobilità stradale. Le cause che conducono all'innalzamento del livello di rischio su una strada sono da ricercare in tutti i fattori che intervengono sul sistema, siano essi esogeni rispetto all'azione di movimento, come ad esempio condizioni ambientali, meteorologiche e climatiche, spesso di difficile previsione, e aspetti endogeni come fattori caratterizzanti l'attività stessa, per esempio strutturali, procedurali, tecnici e il fattore umano.

A tal proposito è necessario approfondire il concetto di Rischio analizzando alcune definizioni presenti in letteratura:

> *"Il rischio è la potenzialità che un'azione o un'attività scelta (includendo la scelta di non agire) porti a una perdita o ad un evento indesiderabile." (Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera, 2013e).*

L'attuale normativa vigente in materia di sicurezza sul lavoro fornisce una definizione generale di rischio:

> *"Il rischio è definito come la probabilità di raggiungimento del livello potenziale di danno nelle condizioni di impiego o di esposizione ad un determinato fattore o agente oppure alle loro combinazioni." (Ministero del Lavoro e delle politiche sociali, 2008).*

Altri autori definiscono il rischio come:

> *"danno incerto a cui un dato soggetto si trova esposto in seguito a possibili eventi o concatenazione favorevoli degli stessi." (Canale S., Leonardi S., Fabiano C., 1998 a)*

Emerge dalle definizioni una forte componente aleatoria caratteristica dei fenomeni incidentali, dovuta alla variabilità insita in tutti i fattori del Sistema Strada, che contribuiscono alla modifica del livello di rischio. Lo sforzo da compiere attraverso la teoria del rischio è quello di ricondurre il concetto di sicurezza, ai fini della sua valutazione, in termini di attributi misurabili e probabilità di innesco di condizioni incidentali, all'interno di un approccio preventivo. Al fine di massimizzare il livello di sicurezza di una infrastruttura e abbattere il fenomeno dell'incidentalità è necessario ricercare la situazione che presenti il minor livello di rischio, agendo sulle leve della probabilità di accadimento e sull'entità delle conseguenze collegate al fenomeno, come riportato in Figura 11

La definizione convenzionalmente adottata che consente una traduzione quantificata del concetto di rischio è data dalla seguente espressione (Canale S. , Leonardi S., Fabiano C., 1998 b) :

$$R = f \cdot M$$

Dove

-*R* indica l'Indice di Rischio;

-*f* indica la frequenza di accadimento di un evento incidentale, ovvero la pericolosità del sito;

-*M* indica la magnitudo, ovvero l'entità del danno.

L'approccio adottato per la determinazione quantitativa del tenore di rischio attinge alla statistica epidemiologica, prendendo in considerazione cioè gli eventi negativi che si vogliono scongiurare, in questo caso decessi e ferimenti.

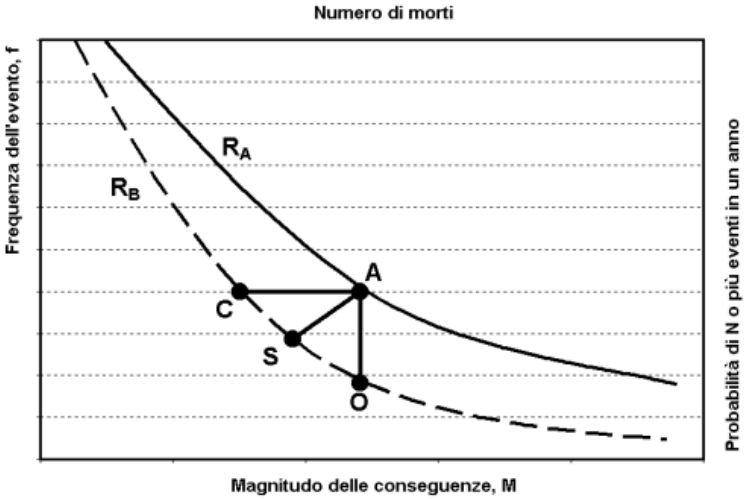


Figura 11:Curve di Rischio relative ad un generico sistema per l'abbattimento del livello, Canale S. , Leonardi S., Fabiano C, 1998 b

La Figura 11 rappresenta due curve di isorischio R_A e R_B, con $R_A > R_B$, e la possibilità di agire simultaneamente o in maniera disgiunta sui due parametri principali che definiscono *l'Indice di Rischio*, cioè *pericolosità*, in termini di frequenza incidentale, e *danno* ai fini della riduzione del rischio.

Ai fini della definizione delle Curve di Rischio si rende necessario conoscere puntualmente i valori di frequenza incidentale e danno relativo: la prima grandezza può essere determinata mediante analisi specifiche che tendono a caratterizzare la vita della strada sotto il profilo dell'incidentalità e l'analisi di particolari condizioni operative, mentre la definizione della magnitudo, come sostenuto da diversi autori, (Canale S., Leonardi S., Fabiano Cinzia, 1998 b) è di più complessa determinazione a causa delle interazione tra i diversi fattori che concorrono a determinare la gravità dell'incidente.

Emerge quindi che la *Pericolosità*, connessa alla frequenza incidentale, rappresenta una proprietà o qualità intrinseca di un sistema, poiché legata alla presenza di determinati fattori, strutturali o funzionali, aventi il potenziale di causare eventi critici: essa descrive la probabilità che un fenomeno accada in un determinato spazio con un determinato tempo di ritorno. Per *Danno* si intende la gravità delle conseguenze legata all'evento incidentale, a cui contribuisce anche la tipologia di ambiente stradale; è evidente che le particolari condizioni ambientali e le

caratteristiche della strada giocano un ruolo fondamentale nell'accadimento di un sinistro, soprattutto per quanto concerne gli aspetti progettuali e manutentivi dell'infrastruttura.

L'analisi del rischio in campo stradale risulta essere uno strumento indispensabile per individuare i rapporti di causalità tra i diversi fattori che intervengono nella genesi di un evento incidentale, al fine di adottare un approccio innovativo orientato alla prevenzione dei fenomeni. Metodi classici hanno spesso affrontato tale tematica concentrandosi esclusivamente sul versante dell'incidentalità, portando a ben deludenti risultati in termini di valutazione delle performance di sicurezza di una infrastruttura: l'importante ruolo delle interazioni tra i diversi fattori del Sistema Strada fa emergere la necessità di una metodologia integrata per la valutazione del rischio incidentale, che vada ad indagare le possibili responsabilità distribuite tra le forze in gioco.

1.3.3 MISURARE LA SICUREZZA

Al fine di quantificare il grado di sicurezza che caratterizza una infrastruttura stradale, bisogna disporre di informazioni circa l'Indice di rischio dell'area in esame e contemporaneamente valutare il grado si esposizione. L'esposizione è definita come la quota parte della popolazione totale soggetta al rischio in esame, consentendo una normalizzazione delle grandezze ai fini della comparabilità.

In relazione al rischio incidentale l'esposizione può essere misurata in termini di :

- rilievo dei flussi veicolari;
- indagini sulle abitudini di viaggio della popolazione campione;
- stime indirette mediante analisi del consumo di carburanti;
- numero di abitanti;
- numero di veicoli circolanti;
- numeri di chilometri percorsi da coloro che viaggiano o dai veicoli;
- numero di ore trascorse in viaggio o numero di ore di utilizzazione di un dato tipo dio veicoli;
- il numero di viaggi.

A valle di tale definizione la sicurezza stradale può essere definita in termini di rischio, come la probabilità che si verifichi un dato incidente caratterizzato da una data magnitudo, in base all'esposizione che caratterizza il territorio in relazione al fenomeno.

Sicurezza stradale = Esposizione x Rischio = Esposizione x Pericolosità x Danno

Esse rappresentano le principali leve su cui agire per influenzare il livello di sicurezza garantito da una infrastruttura stradale. La Figura 12 mostra le relazioni tra le seguenti grandezze.

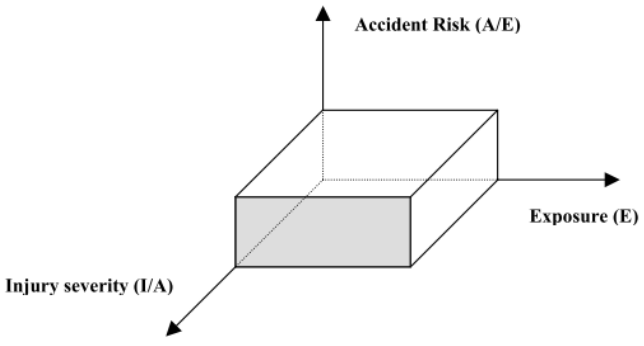


Figura 12:Misura della sicurezza stradale

La grandezza definita come Pericolosità, in altre parole *Accident Risk*, consiste nella probabilità di accadimento di un incidente, dato dal rapporto tra numero d'incidenti ed Esposizione o *Exposure*; mentre il Danno o *Injury Severity* fornisce una misura delle conseguenze degli eventi, in termini probabilistici, data dal rapporto tra il numero di morti (o feriti gravi rispetto al numero totale di incidenti. Il volume del parallelepipedo generato è proporzionale agli incidenti con morti (o feriti) poiché il valore in ordinata rappresenta un indicatore di rischio, mentre il valore in ascissa è una misura di esposizione, mentre la profondità indica la probabilità di rimanere uccisi (o feriti).

Alla base della complessità che caratterizza la sicurezza stradale vi è il sistema di interazioni che si instaurano tra le diverse componenti del sistema, determinando il livello di rischio per l'infrastruttura, alle quali si aggiungono fattori secondari, ovvero non direttamente collegati alla mobilità, ma che soprattutto a scala territoriale nazionale, esercitano la loro influenza sul tema della sicureaza. Coerentemente con altri Autori (G. Al Haji , 2005) si riportano in Tabella 5 i fattori che a maggior titolo influenzano la sicurezza stradale.

Fattori che influenzano l'Esposizione al Traffico
Fattori economici
Densità della popolazione urbana e altri fattori demografici
Modalità di trasporto preferita
Itinerario
Lunghezza del viaggio
Eterogeneità del traffico
Fattori che influenzano il rischio di incidenti (Pericolosità)
Guidatore: velocità, alcool, abilità di guida, età, etc…
Gruppi di utenti: presenza di utenze deboli
Veicoli: eterogeneità di traffico
Strada: presenza di intersezioni, difetti di progettazione, scarsa manutenzione
Ambiente: Condizioni meteorologiche o ambientali
Fattori che influenzano il grado di severità (Danno)
Guidatore: velocità, alcool
Veicolo: presenza di dispositivi di sicurezza attivi e passivi
Strada: presenza di dispositivi di protezione, di ritenuta
Altro: scarsità di cure mediche

Tabella 5:Fattori che influenzano la misura della Sicurezza stradale

Considerata infatti la natura multidimensionale del fenomeno e la facilità con cui tali componenti concorrono a far variare il tenore di rischio incidentale su una infrastruttura stradale, emerge la convinzione di impossibilità legata alla totale riduzione del complesso di fattori di innesco del fenomeno. E' compito degli Enti preposti alla gestione e proprietari del patrimonio stradale valutare i livelli di rischio e le cause di innesco principali, mettere in atto azioni di mitigazione così da effettuare i relativi investimenti. La strategia preventiva consiste nell' individuare i fattori del Sistema Strada, con particolare riferimento all'infrastruttura, che hanno generato o

che hanno contribuito a generare nel passato eventi incidentali e contemporaneamente valutare quei casi in cui sussistono cause potenziali ancora inespresse, che tuttavia possono essere identificate e mitigate. Tale visione ampliamente condivisa dalle più recenti direttive in materia di sicurezza stradale (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2011), manifesta la necessità di un approccio sistemico problema, che sfrutti cooperazione e competenze di diversi attori presenti sul territorio:

- gli utenti della strada, ai quali è richiesto il rispetto delle regole della circolazione e un comportamento responsabile;
- gli amministratori e le forze dell'ordine, ai quali da un lato è affidato il compito di costruire e gestire la rete stradale, di redigere e far rispettare le regole della circolazione, e dall'altro quello di intervenire tramite azioni educative e di monitoraggio;
- le agenzie educative, che devono farsi carico del problema a tutti i livelli e non solo limitatamente alle fasce infantili e giovanili della popolazione.

La stretta collaborazione tra i diversi soggetti può essere un utile strumento per conseguire un tangibile miglioramento dei livelli di sicurezza stradale, producendo benefici sia in termini di abbattimento di oneri sociali, e sia economici attraverso la definizione di un sistema di priorità condiviso che consenta di concentrare le risorse nelle azioni caratterizzate dai più rilevanti e stabili miglioramenti della sicurezza stradale.

1.4 Fattori del Sistema Strada.

Negli ultimi anni il settore della mobilità su gomma è al centro dell'interesse dei tavoli di lavoro europei e nazionali, proprio per l'insostenibilità e il carattere di emergenza che le esternalità negative ad esso connesse, soprattutto in termini incidentali ed ambientali, stanno generando. La crisi economica degli ultimi anni, insieme agli elevati costi dei carburanti rendono la questione della mobilità una delle spine nel fianco della nazione, con evidenti ripercussioni sulla vita dei cittadini: muoversi ha un costo sia monetario e sia in termini di rischio.

La condizione in cui il complesso delle infrastrutture che consentono la mobilità di persone e merci in ambito stradale imperversa, è caratterizzata da gravi lacune sul piano strutturale e funzionale: esso si rivela, in termini spaziali e temporali sempre più congestionato e palesemente sottodimensionato in relazione alla domanda di trasporto espressa dai diversi utenti. L'aumento dei volumi di traffico sulla rete, l'eterogeneità dei veicoli circolanti e la persistenza di comportamenti scorretti degli utenti alla guida ha generato elevate pressioni su un sistema infrastrutturale inadeguato, conducendo ad un decadimento generale dell'offerta di mobilità e del livello di servizio garantito, comportando inevitabili disagi sulla sicurezza stradale ed impatti negativi sullo stile di vita e sull'ambiente.

La viabilità stradale disponibile risulta sovraccaricata non solo a causa dell'elevato tasso di motorizzazione registrato in Italia, ma anche in relazione al notevole volume di traffico merci che viene movimentato su strada, generando una maggiore eterogeneità nella corrente di traffico, con possibili alterazioni nella normale condotta di guida in termini di velocità ed interferenze. Tale condizione è legata al tessuto industriale tipico del nostro Paese, che ad oggi è costituito principalmente da piccole e medie imprese che costellano il territorio, prediligendo la rete stradale come principale modalità per movimentare le merci. Tale tendenza ha avuto origine a seguito del "boom" verificatosi tra gli anni sessanta e settanta del trasporto merci su gomma, quando la realizzazione delle maggiori autostrade è andato a colmare vuoti strutturali

del sistema ferroviario, eleggendolo così nel tempo a modalità di trasporto più diffusa, sia perché la ferrovia non garantiva un trasporto completo nella matrice origine destinazione, bensì presupponeva sempre uno scambio modale con la rete stradale per giungere alla meta.

Anche per quanto concerne la mobilità privata, l'automobile si conferma il mezzo preferito per brevi e per lunghi spostamenti soprattutto poiché rende gli utenti totalmente slegati da orari di partenza prestabiliti, offrendo inoltre la possibilità di raggiungere la destinazione finale senza trasbordi. Al contempo però, la libertà decisionale offerta agli utenti rappresenta un fattore di pericolo per la mobilità: non trattandosi di un sistema a guida vincolata, come invece lo è il trasporto su rotaia, sono più numerosi i gradi di libertà di movimento nello spazio e soprattutto il fattore umano ha un ruolo preponderante, alimentano le probabilità di incidente. Attraverso le sue percezioni e le sue capacità di guida, l'utente rappresenta l'elemento a più elevato carattere aleatorio del Sistema Strada della mobilità sicura.

A tali fattori che esercitano il loro potenziale negativo soprattutto in fase di esercizio, si aggiungono elementi propri dell'infrastruttura fisica e dell'ambiente in cui essa si inserisce; rispetto a quest'ultimo aspetto infatti bisogna effettuare una distinzione in termini di ambiente fisico ed antropico, poiché entrambi, a titolo diverso, esercitano la loro influenza sul contesto della mobilità sicura. I fattori ambientali, fatta eccezione per la caratterizzazione del contesto morfologico e paesaggistico, presentano una natura piuttosto variabile, basti pensare ai fenomeni di natura meteo-climatica, e a quelli ad essi connessi, come eventi di matrice idrogeologica, generando un carico di rischio scarsamente prevedibile sul sistema della mobilità. Anche l'azione antropica, sia sotto forma di azioni e decisioni inerenti la pianificazione, mediante errate linee di sviluppo urbanistico, e l'uso scarsamente bilanciato delle aree, ha provocato innalzamenti del livello di utilizzo e di rischio intrinseco della rete stradale.

L'approccio classico elegge la strada come elemento cardine per il sistema delle mobilità sicura: le sue caratteristiche progettuali e funzionali determinano in buona misura un adeguato livello di sicurezza per l'utente in viaggio. Tuttavia i livelli di congestione ad oggi riscontrati, la evidente carenza di comfort e sicurezza sono molto spesso frutto non solo di una cattiva gestione delle reti, ma molto spesso sono da attribuire a standard progettuali obsoleti rispetto ad un parco macchine ed una popolazione alla guida le cui abitudini e performance sono notevolmente variate nel tempo. Soprattutto in ambito extraurbano la progettazione stradale e di conseguenza il patrimonio esistente, evidenzia le sue lacune: criteri ormai datati non corrispondono alla domanda di mobilità e non soddisfano a pieno le aspettative delle utenze in fase di guida. Proprio perché è fortemente mutato lo scenario di riferimento, e si fa sempre più evidente il composito gioco di interferenze che rende quello della mobilità sicura un sistema complesso, non è accettabile che la componente primaria presenti lacune ed impedimenti così palesi, tali da influenzare l'incidentalità in maniera determinante.

Il problema dell'incidentalità è ormai una emergenza e questo impone una revisione critica dei criteri di base atti a garantire la sicurezza stradale: l'approccio classico trova nel rispetto di standard geometrici e procedure progettuali gli strumenti a garanzia di un adeguato tenore di sicurezza sulla strada. E' evidente che tale visione manchi totalmente del contributo delle interazioni tra gli attori principali della mobilità e necessiti, come accade per i sistemi complessi in genere, di un approccio multidisciplinare che possa abbracciare contemporaneamente gli studi e le esperienze di più discipline, dalle scienze ingegneristiche a quelle mediche e psicologiche.

1.4.1 SISTEMA STRADA: UN COMPLESSO INSIEME DI RELAZIONI

La disponibilità di moderne metodologie di analisi e di nuove fonti di informazioni acquisite anche grazie al contributo delle nuove tecnologie, ha reso evidente la complessità alla base del fenomeno della sicurezza stradale. La profonda conoscenza dei meccanismi e degli elementi che concorrono a far mutare la soglia del rischio incidentale diventano un elemento fondamentale per adottare e strutturare un nuovo approccio di sistema, caratterizzato da visione innovativa e integrata, propria di un approccio olistico.

Si rende necessario individuare gli "agenti", ovvero quegli elementi che con la loro presenza e le azioni possono innalzare il livello di rischio, e sui quali porre in atto azioni di mitigazione. Dall'analisi della condizione della mobilità emergono due tipologie di fattori a cui possono corrispondere differenti scale di analisi: la prima dimensione analizza i fattori endogeni, quelli che cioè si collocano entro il nastro stradale, ne fanno parte e interagiscono in maniera diretta con i soggetti esposti al rischio incidentale. Tale dimensione fa strettamente riferimento al "Sistema Strada" e la sua analisi viene affrontata con maggior dettaglio poiché afferisce all'intorno della sede stradale e alle dinamiche di mobilità che su di essa prendono atto, coinvolgendo i seguenti elementi:

- *strada*, cioè la sede fisica del moto e i suoi elementi costitutivi, comprensivo dell'ambiente in stretta adiacenza;
- *veicolo*, la componente meccanica del sistema;
- *uomo*, cioè l'utente in moto sull'infrastruttura.

L'analisi su scala Stradale è finalizzata ad una caratterizzazione dettagliata del livello di rischio, come riportato in Figura 13.

A una scala territoriale più vasta si analizzano le interferenze del Sistema Strada con i fattori esogeni, ovvero quegli elementi di matrice naturale o antropica che non si collocano direttamente entro la sede stradale, ma che con la loro azione o presenza generano delle pressioni sul livello di rischio in termini di interazioni con la sede stradale e i flussi di traffico.

Figura 13:Approccio multidisciplinare alla gestione del rischio

Studi di letteratura (Autori AIPCR, 2010 b) dimostrano infatti che, sulla base di analisi incidentali, è possibile attribuire le responsabilità o corresponsabilità di eventi critici a disfunzioni presenti in uno o più dei suddetti tre fattori principali, come riportato in Figura 14.

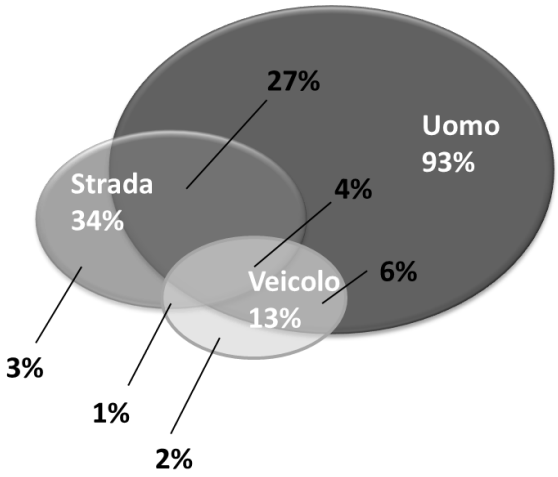


Figura 14:Cause di incidenti stradali secondo Treat, 1979

L'analisi delle cause che sottendono il verificarsi di eventi critici è stata materia di studio per diversi autori, facendo emergere, nel corso degli anni, un dibattito bipolare che tende da un lato ad identificare nella strada il principale soggetto responsabile, attribuendogli una percentuale del 3% come singola causa, e circa un terzo di tutte le occorrenze in interazioni con altri fattori (Treat Jr. et a.l , 1979). La tesi opposta riconosce nell'utente la causa centrale dell'incidentalità, maggiormente perorata da pubbliche amministrazioni proprietarie di strade ed autorità di polizia, al quale vengono attribuite la maggior parte delle responsabilità. Tale condizione di disequilibrio è, secondo alcuni autori, il riflesso di un atteggiamento diffuso che tende a nascondere errori progettuali, imputabili al fattore strada, dietro la locuzione "*comportamenti anomali dell'utente*" nel momento in cui questi non coincidano con quelli dell'utente mediamente prudente. Ciò può essere ricondotto all'impiego di criteri progettuali che non considerano l'interazione dell'uomo con l'ambiente e la strada, e dei limiti psicofisiologici del conducente, del veicolo, dei suoi condizionamenti psicologici e degli automatismi di guida. Una visione sostenuta da diversi autori infatti (Autori AIPCR, 2010 a), tende a mettere al centro il fattore umano nel suo complesso gioco si relazioni con le altre cause: bisogna infatti cercare di indagare che cosa non ha funzionato nel meccanismo percettivo e quali elementi esterni hanno indotto in errore l'utente.

L'approccio più innovativo, sospinto delle più recenti direttive europee in materia di Safety, adotta un'ottica preventiva, fondata sulla valutazione dell'andamento del livello di rischio, presupponendo la conoscenza del contributo di ogni fattore del Sistema Strada all'innesco delle dinamiche incidentali. Tra le definizioni presenti in letteratura di "*fattore*" quella di Baker (Baker J.S., Ross H.L., 1961) è una delle più realistiche:

> *"a factor is any circumstance connected with a traffic accident without which the accident could not have occurred […]. Each factor is necessary but is not sufficient by itself to cause an accident".*

Tale definizione evidenzia l'importanza dell'analisi delle relazioni tra i diversi fattori, che possono vedere aumentato il loro potenziale di rischio in condizione di interazione reciproca, e la loro analisi diventa un momento imprescindibile per l'analisi di sicurezza.

1.4.1.1 Strada

L'elemento strada o infrastruttura è definito da Canale come:

"il contesto all'interno del quale agiscono sia l'uomo che il veicolo, assume un'importanza strategica nell'influenzare sia la condotta di guida degli utenti (tramite i condizionamenti indotti dagli elementi geometrici sulla percezione del tracciato), sia le prestazioni dei veicoli (per effetto delle caratteristiche di aderenza, delle pendenze trasversali ecc)." (Canale S. et al. , 2009).

Emerge che le scelte progettuali sul tracciato e sulla struttura compositiva della sezione trasversale sono elementi che giocano un ruolo importante ai fini della definizione del rischio di incidente, in virtù dell'interazione dei diversi fattori. Tuttavia il tradizionale approccio progettuale prescinde da una adeguata considerazione dei mutui condizionamenti, facendo pesare sulla componente strada un rilevante carico di responsabilità nella determinazione di elevati livelli di sinistrosità: criteri progettuali fondati esclusivamente sulla dinamica e cinematica del veicolo isolato non possono modellare in maniera efficiente la situazione reale, creando un pericoloso divario tra quanto l'automobilista si aspetta dal tracciato e ciò che la strada offre. Le situazioni e gli elementi interni al fattore strada che maggiormente influiscono sul livello di rischio della strada riguardano:

- il contatto ruota strada che, per una inadeguata esecuzione delle sovrastrutture o come conseguenza di gravi ammaloramenti della pavimentazione, non garantisce idonei valori di aderenza;
- anomalie localizzate che coinvolgono aspetti geometrici o funzionali, che generano situazioni critiche per l'utente in quanto non prevedibili in tempo utile in fase di guida;
- geometrie progettuali che, pur compatibili localmente con la cinematica e la dinamica del veicolo isolato, non garantiscono nel loro complesso la funzionalità sistemica dell'infrastruttura;
- offerta di servizio che, discostandosi sensibilmente dalle aspettative degli utenti, determina l'accettazione di più elevati livelli di rischio e un conseguente incremento di manovre in debito di sicurezza.

La presenza di tali elementi di insicurezza è attribuibile a errori di progettazione o scarsa manutenzione del patrimonio stradale, producendo un aumento di pericolosità del sito.

In relazione agli aspetti funzionali è necessario considerare l'effetto che elevati flussi di traffico generano sul livello di sicurezza, in relazione all'offerta della strada: condizioni di congestione o traffico sostenuto aumento le interazioni tra i veicoli in moto, producendo una rapida decrescita sia dei livelli di confort percepiti dagli utenti e sia del livello di sicurezza. Tale condizione è da attribuire ad una inadeguata progettazione della sezione trasversale e regolarizzazione del traffico, condizione risolvibile sia mediante interventi strutturali e sia mediante soluzioni che coinvolgono l'infomobility[17].

1.4.1.2 Veicolo

Il veicolo è l'interfaccia meccanica attraverso la quale prendono atto le decisioni dell'uomo in base alla sua lettura del tracciato, inoltre attraverso lo pneumatico si realizza il contatto fisico con la strada: la buona condotta del mezzo è legata in parte alle performance del mezzo stesso ed alla sua condizione manutentiva (tipologia di sospensioni, caratteristiche usura dei

[17] Infomobility consiste nell'impiego delle ICT-Information Communication Tecnologies al fine di fornire informazioni utili agi utenti in movimento ; essa e infatti definite è definita da Ambrosino G. et al., 2012, come: "*the use and distribution of dynamic and selected multi-modal information to users, both pre-trip and, more importantly, on-trip, in pursuit of attaining higher traffic and transport efficiency as well as higher quality levels in travel experience by the users".*

pneumatici, affidabilità dei dispositivi si sicurezza), e in parte alla capacità di guida degli automobilisti stessi e alle azioni esterne che possono alterare la stabilità del sistema uomo-strada-veicolo. Il consistente sviluppo delle tecnologie meccaniche ed elettroniche che a partire dagli anni Ottanta ha pervaso l'industria automobilistica, ha identificato i propri obiettivi nella realizzazione di veicoli performanti ed affidabili: sono stati realizzati infatti accorgimenti orientati alla prevenzione di incidenti e alla mitigazione delle conseguenze. Si è riscontrato nel contempo un aumento delle prestazioni, soprattutto in termini di velocità, potenza ed accelerazione del mezzo, che talvolta hanno indotto gli utenti ad assumere condotte di guida più spinte, proprio in virtù del maggior senso di sicurezza percepito del veicolo. A tal proposito diversi autori, come ad esempio Canale (Canale S., Leonardi S., Nicosia, F., 1998), hanno osservato che tali comportamenti, generando soprattutto un aumento delle velocità di percorrenza, evidenziano la diffusa inadeguatezza delle infrastrutture stradali alle attuali performance e caratteristiche dei veicoli, producendo un innalzamento del rischio incidentale.

Contemporaneamente la concezione di veicolo è mutata nel tempo: da bunker rigido creato per la difesa dagli urti in maniera rigida, esso assume la capacità di assorbire l'energia cinetica degli urti mediante lo studio e la realizzazione di nuovi materiali e volumi, così come hanno apportato un netto miglioramento in termini di sicurezza l'introduzione di dispositivi quali Airbag, Abs, cinture di sicurezza che mirano ad innalzare il livello sicurezza del veicolo.

Bisogna inoltre considerare che, in fase di esercizio, l'eterogeneità della corrente veicolare, rappresenta un fattore di rischio, poiché le diverse classi presentano caratteristiche prestazionali e vulnerabilità differenti. In relazione alla strada l'aspetto principale da considerare è la stabilità del mezzo, che può essere messo a repentaglio principalmente a causa di carenza di aderenza, concentrando quindi l'attenzione al contatto pneumatico-usura.

Studi di letteratura mettono in evidenza che l'incidenza del solo fattore meccanico del Sistema Strada, presenta una bassa quota di responsabilità nell'accadimento di eventi incidentali (2%), facendo riscontrare un modesto aumento di probabilità in relazione agli altri fattori, registrando una percentuale complessiva del 12%.

1.4.1.3 Utente

Ai fini dell'equilibrio delle componenti del Sistema Strada, il fattore umano riveste un ruolo decisivo poiché, come ampliamente analizzato in letteratura, può condizionare con il suo comportamento l'esito positivo o negativo delle attività relative ai propri spostamenti (veicolari o pedonali). Egli infatti rappresenta l'elemento a più elevata variabilità del sistema, al quale vengono imputate la maggior parte delle responsabilità sugli eventi incidentali: l'utente infatti adegua la sua condotta in relazione agli stimoli che riceve dall'ambiente esterno e dal veicolo, elaborando ed attuando, attraverso la sua percezione del rischio e le sue capacità, le migliori manovre, in relazione a quanto suggerito dal tracciato stradale e dall'ambiente circostante.

Ne deriva che la componente umana del Sistema Strada vede nella libertà e nel meccanismo percettivo di autoregolazione le prime fonti di rischio: l'utente percepisce come rischiose delle situazioni esclusivamente in relazione alla sua sensibilità e conseguentemente attua le sue scelte. Ad esempio la velocità da tenere in relazione ad un tracciato o l'aderenza disponibile ai fini della stabilità del mezzo possono condurre, in caso di deficit percettivo, a comportamenti inadeguati ed avventati che generano situazioni incidentali. Allo stesso modo manovre di sorpasso in carenza di visibilità legata a condizioni ambientali o riconducibili alla strada sono frequenti scenari incidentali.

Secondo alcuni autori infatti (Autori AIPCR, 2010 a)il "Fattore Umano " è definito come:

> *"il contributo del conducente nella successione di eventi che conducono ad un incidente, derivante da una non corretta interazione con le caratteristiche della strada e si suoi sistemi di controllo."*

Secondo gli stessi autori, infatti, la situazione di pericolo può incorrere nel momento in cui le condizioni al contorno (ambientali, stradali o legate al veicolo), generano un *workload* [18] sull'utente tale da eccedere le sue reali capacità. E' importante sottolineare come le nuove tecnologie ad oggi disponibili siano orientate alla prevenzione delle situazioni che possono condurre l'utente a comportamenti errati, o attraverso misure in grado di mitigare o riparare a tali errori, agendo sulla leva dell'informazione.

1.5 Modelli del Sistema Strada in letteratura

La definizione degli standard di sicurezza dell'infrastruttura scaturisce dalle prestazioni offerte dai singoli fattori che costituiscono il Sistema Strada, poiché l'esito di un evento incidentale è sintomo di un malfunzionamento del sistema. Un importante passo verso la definizione di una procedura razionale per l'analisi di sicurezza è stata compiuta da Elvik, che si pone l'obbiettivo di individuare i problemi di sicurezza attraverso l'analisi delle situazioni che creano più conseguenze e che presentano una maggiore attitudine ad essere risolte. Egli definisce infatti un problema di sicurezza :

> "Any factor that contributes to the occurrence of accidents or the severity of injuries." (Eksler V., 2007).

A supporto di tale metodologia, che si basa nella creazione di una tassonomia delle problematiche e successiva quantificazione, sono stati analizzati nel corso di diversi studi molti modelli concettuali dei fattori che concorrono alla sicurezza stradale. Di seguito si riporta una panoramica dei più significativi.

Il modello triangolare

Il modello più diffuso, alla base di diverse teorie per lo studio della sicurezza stradale, si basa su una matrice di tipo triangolare, che pone ai vertici i principali attori del Sistema Strada: utenti che esplicano la loro esigenza di mobilità all'interno dello spazio stradale, con o senza autoveicoli.

Il *Road Safety Triangle Model* , riportato in Figura 15, è stato il fondamento delle teorie che mirano ad analizzare il complesso di interazioni tra uomo-strada, anche in relazioni a studi di psicologia, soffermandosi soprattutto sugli aspetti percettivi e di condizionamento.

[18] Workload è il carico di lavoro che impegna il conducente in funzione del numero di informazioni trasmesse dall'ambiente circostante lungo la percorrenza del suo itinerario, (Autori AIPCR, 2010 a)

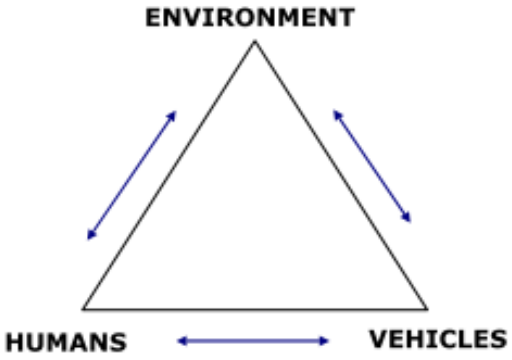


Figura 15:Road Safety Triangle, Eksler V., 2007

La matrice di Huddon

La *matrice di Huddon* è un modello concettuale tridimensionale che affronta il problema della sicurezza sotto l'ottica degli infortuni e della salute. E' importante notare che gli elementi del Sistema Strada presi in considerazione sono gli stessi del modello triangolare, con l'introduzione, della suddivisione interna tra ambiente fisico ed antropico. La terza dimensione è stata aggiunta solo in seugito e consiste in una serie di criteri di decisione (analisi costi, libertà, benefici)

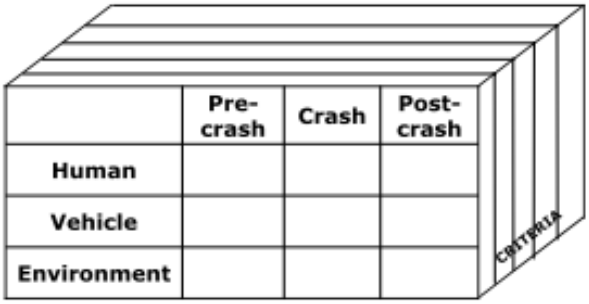


Figura 16:Matrice di Huddon, Eksler V., 2007

Il modello piramidale

Il modello piramidale descrive le relazioni tra gli elementi appartenenti ai diversi livelli che compongono le fasi della procedura di analisi di sicurezza. La teoria di fondo afferisce al *Target Hierarchy Social Cost*, che fa risalire il risultato finale, identificato dai livelli situati nella parte superiore della piramide, all'esistenza e all'interazione dei livelli sottostanti. Si riconoscono tre livelli principali: i risultati finali (costo sociale e numero di vittime sostenuto dalla società), elementi intermedi (indicatori di sicurezza come ad esempio la velocità, densità veicolare, presenza di dispositivi di sicurezza …) e input quali misure e parametri e elementi strutturali e culturali. A differenza degli altri, il modello non enuncia a priori glie elementi su cui concentrare l'analisi, ma emergono dal procedimento stesso, consentendo di declinare tale struttura a diverse problematiche.

Tale modello è particolarmente indicato per individuare aree in cui le performance di un determinato aspetto non sono sufficienti, particolarmente utile agli attori che esercitano potere decisionale in materia di mobilità.

Figura 17:Modello Piramidale, Eksler V., 2007

Il modello tripode

Il modello tripode nasce dalla fusione del modello triangolare con alla base il sistema uomo-strada-veicolo e si sviluppa o seguendo il modello della matrice di Huddon o secondo la piramide. Il vantaggio è di poter seguire le due metodologie al variare di una della condizioni di base tra veicolo-strada-utente. Il modello è di difficile applicazione, soprattutto in fase di analisi quantitativa.

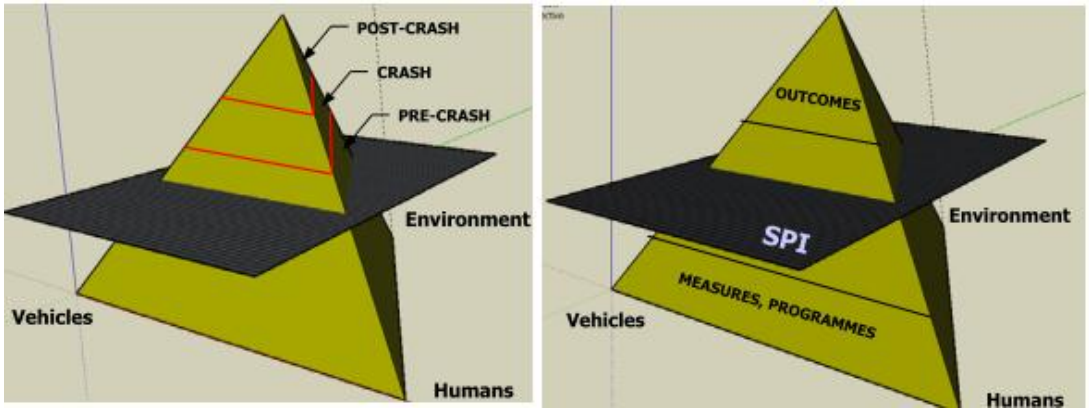


Figura 18:Modello Tripode, Eksler V., 2007

1.6 Approccio olistico per la sicurezza stradale

Emerge dall'analisi dei diversi fattori che intervengono nel fenomeno dell'insicurezza stradale, e dall'analisi dei modelli concettuali più impiegati, che il metodo adatto per lo studio di un problema complesso come quello della mobilità sicura possa essere identificato in un approccio olistico ed integrato.

L'incidentalità è una manifestazione della mancata condizione di equilibrio del complesso sistema della mobilità: le condizioni di sicurezza rappresentano l'obiettivo da raggiungere mediante una serie di azioni e accorgimenti, mentre le interazioni tra i diversi elementi del sistema rappresentano i bracci in equilibrio che ne possono determinare le sorti. Conoscere separatamente il funzionamento dei singoli fattori non ha prodotto negli anni risultati soddisfacenti in termini di raggiungimento dell'obiettivo, poiché è venuta a mancare la componente informativa relativa all'insieme di mutue interazioni tra i fattori.

L'approccio olistico risulta strategico per comprendere proprio gli effetti aggiunti dal gioco di influenze e relazioni che uomo, strada e veicolo si scambiano nel realizzare l'atto della mobilità, scelta avvalorata anche dal paradigma di Smart City che sta fortemente influenzando il modo di vivere ed organizzare le città e le sue dinamiche.

Alla base della teoria olistica risiede la concezione che la spiegazione e l'analisi di un sistema non coincide con quella delle sue componenti, cioè che la somma delle prestazioni dei singoli fattori non coincide con la somma globale delle prestazioni del sistema. Tale paradigma è perfettamente calzante allo studio dei sistemi complessi, in netta contrapposizione con la metodologia classica ispirata da una vena puramente analitica. I sistemi complessi infatti, in virtù della componente interattiva tra i fattori, preservano un fattore di aleatorietà che sfugge all'approccio classico, e che trova nella teoria olistica un adeguato modello di analisi: il tema della mobilità, tendendo alla condizione ideale di sicurezza, vede nel fenomeno dell'incidentalità e nella scarsa prevedibilità che lo contraddistingue la perfetta attinenza con il modello olistico.

E' evidente che, al fine di tendere alla condizione di sicurezza, e comprendere le relazioni di causalità e le interazioni alla base del funzionamento del Sistema Strada, sia necessaria una profonda conoscenza dei singoli sottosistemi e le loro interazioni, soprattutto per quanto concerne i rapporti uomo-strada, approccio promosso anche nel *Road Safety Manual* PIARC-AIPCR Technical Comitee, 2003) e affermato da altri autori, (Autori AIPCR, 2010 a).

L'obiettivo di tale approccio è quello di isolare le componenti carenti e mettere in atto azioni di abbattimento delle cause di pericolosità che risiedono nei tre elementi principali del Sistema Strada, e far si che un'azione sinergica possa mitigare gli effetti di situazioni critiche.

Al fine di indagare ed interpretare la complessità dei fenomeni incidentali si rende necessario porre in relazione gli eventi critici con le condizioni reali di circolazione, ricorrendo anche a modelli dettagliati della realtà, in grado di rappresentare le dinamiche di mobilità, al fine di leggere le interazioni ed i rapporti di causalità tra gli elementi del Sistema Strada ed evidenziare le aree a maggior rischio. Tale obiettivo è perseguibile solo attraverso una profonda conoscenza dell'ambiente stradale e delle sue dinamiche, e attraverso un approccio multiattoriale che metta in evidenza le esigenze di tutti i gli attori coinvolti nel tema della mobilità sicura.

Alla base di questa nuova visione, che esula da un approccio classico e settoriale, risiede la disponibilità di nuove tecnologie a supporto della fase di indagine e raccolta dati, nonché per la modellazione e analisi, oltre al nuovo approccio proprio del nuovo modello urbano di Smart City che vede nelle nuove risorse dell'ICT e dell'informazione la chiave per una migliore gestione delle realtà urbane ed un innalzamento della qualità della vita. Fondamento per l'innovazione all'insegna dell'informazione come nuova chiave di gestione ed ottimizzazione del patrimonio esistente è l'informazione territoriale, alla base di nuovo e funzionali servizi orientati alla mobilità sicura.

L'esigenza di impostare un'adeguata politica di verifica della sicurezza stradale, che con approccio olistico sia orientata allo studio del livello di rischio incidentale è ormai una necessità inderogabile, ai fini di abbattere i numero di un fenomeno che ogni anno provoca gravi perdite, sociali ed economiche al nostro paese.

1.7 Riflessioni sul Capitolo 1

L'analisi condotta nel Capitolo mette in evidenza l'entità ella problematica legata all'incidentalità stradale e livello nazionale ed europeo: nonostante gli sforzi profusi il raggiungimento dei traguardi preposti a livello europeo, finalizzati all'abbattimento della mortalità su strada, necessita di ulteriori interventi sinergici sui tre elementi del Sistema Strada. L'analisi della tematica della sicurezza stradale ha infatti evidenziato la sua complessità che necessita, ai fini della sua comprensione, di un approccio integrato al fine del raggiungimento degli obiettivi.

2 CAPITOLO - METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA STRADALE

Il Capitolo 2 traccia un quadro di riferimento delle principali metodologie orientate all'analisi delle condizioni di sicurezza di una infrastruttura. Si analizzano infatti metodi afferenti ai due principali filoni per l'analisi delle condizioni di sicurezza di una strada, che afferiscono cioè alle teorie di analisi di prestazione di sicurezza e a quelle di analisi incidentale. Appartengono al primo gruppo metodi orientati allo studio delle caratteristiche geometriche e funzionali che possono interferire con il livello di pericolosità sia direttamente e sia indirettamente: le teorie del *Design Consistency* legano le caratteristiche della strada alla risposta comportamentale dell'utente, o la teoria omeostatica, fa del fattore umano il suo principale oggetto di analisi. Vengono inoltre esposti metodi classici delle teorie incidentali, con evidenti problematiche legate alla disponibilità di solide basi di dati, e innovativi metodi di analisi che studiano i possibili comportamenti di guida in risposta alle caratteristiche dell'ambiente esterno, attraverso l'impiego delle nuove tecnologie.

Il momento di svolta è tuttavia rappresentato dell'introduzione dei metodi di *Road Safety Analisys* che consentono un'integrazione dei due approcci classici l'interno di un'ottica preventiva del fenomeno incidentale che, ai fini ella valutazione delle condizioni della strada integra la percezione dell'utente con la conoscenza e l'esperienza del tecnico.

2.1 Cammino evolutivo delle teorie per l'analisi di sicurezza stradale

La sicurezza, intesa come la caratteristica propria del Sistema strada di garantire una mobilità con basso rischio di incidente per gli utenti che la percorrono, è una tematica al centro del dibattito di ricercatori e addetti ai lavori ed aspetto centrale nei processi di management del patrimonio infrastrutturale da parte di Enti proprietari e gestori della rete. Le teorie proposte nel corso degli anni dimostrano una tendenza ad identificare il proprio fondamento ed oggetto principale di analisi in una delle tre componenti del sistema strada, rivelando un approccio settoriale e specialistico, che tuttavia mal si adatta allo studio di fenomeni complessi.

Per le finalità della moderna progettazione stradale, che mira all'efficacia delle soluzioni coadiuvate dall'apporto delle nuove tecnologie ad oggi disponibili, si manifesta l'emergenza della conoscenza delle interazioni tra le componenti sia in condizioni di esercizio ordinario della mobilità stradale, e sia in situazioni di particolare di allerta. Lo studio di tali interazioni rappresenta ad oggi il traguardo a cui aspirare all'interno di un approccio interdisciplinare alla progettazione e all'analisi delle dinamiche di mobilità, che poggia le sue radici nelle più famose teorie sull'analisi di sicurezza e del rischio che nei secoli si sono susseguite.

La prima teoria che si è affacciata al panorama degli studi sull'incidentalità stradale è la "*Teoria casuale dell'incidentalità*" attraverso la mano dell'economista russo Bortkiewicz (Bortkiewicz L. von. ,1898), che nel 1898 pubblicò "*The law of small number*". Lo studio analizza la distribuzione delle morti dei soldati prussiani dovute a calcio o caduta da cavallo, per i quali ha notato un'ottima rispondenza alla distribuzione di Poisson; per quanto riguarda gli eventi rari, ovvero gli incidenti, identificati con le morti per arma da fuoco, egli riscontrò che esse sono eventi del tutto casuali, concludendo quindi che gli incidenti, identificati come eventi rari, sono legati alla casualità e non possono esser predetti dall'uomo. Un assunto fondamentale di tale teoria risiede nell'attribuzione della stessa esposizione, ovvero la stessa probabilità di morte, a tutto il campione: esso rappresenta il contro altare della successiva teoria in ordine cronologico, ovvero l' "*Accident prone theory*" di Greenwood e Yule 1920 (Greenwood M., Yule G.U., 1920), i quali osservarono una concentrazione di eventi incidentali (morti) per quei soggetti che svolgevano mansioni con esposizione maggiore, (lavorare in magazzini di munizione) che la teoria randomica di certo non poteva giustificare. Essi utilizzarono per i loro studi il modello statistico binomiale negativo.

L'avvento del Conflitto Mondiale ha contribuito a porre l'accento sulla strategicità del settore della mobilità in condizioni di emergenza, attribuendo allo studio dell'incidentalità una valenza pregevole, così da tracciare una teoria del tutto innovativa: Forbes nel 1939 propose la "*Teoria del caso*", pubblicata sul Journal of General Psychology (Forbes T. W. ,1939), che abbatteva l'importanza attribuita al fattore dell'esposizione e favore della casualità degli eventi incidentali.

Negli anni successivi, evidenze empiriche hanno portato alla luce la natura multidimensionale del fenomeno incidentale, infatti nella teoria sistemica e nella teoria epidemiologica di Cresswell e Froggatt (Cresswell W. L. , Froggatt P. ,1963) vengono poste le basi per le moderne teorie di incidentalità. Le ipotesi di base del metodo individuano in una errata interazione tra le varie componenti di sistemi complessi la causa incidentale: ad esempio quota parte dell'errore umano è attribuito, secondo tale filosofia metodologica, alla cattiva interazione strada utente mediante il meccanismo percettivo alla base del sistema di guida su gomma. Tale teoria infatti è stata sposata dall'ingegneria stradale, diventando il fondamento di numerosi metodi di analisi e controllo dei sistemi di traffico, segnando una pietra miliare nell'ambito della prevenzione incidentale.

L'apporto più recente ed innovativo è stato fornito verso la fine degli anni '90 con *la Risk Homeostasis Theory* (Wilde G. J. S. ,1994), che individua nei comportamenti dell'utente e della società le cause generatrici dell'incidente stradale. La percezione dello spazio stradale da parte del guidatore e la soglia di accettazione del rischio sono la bilancia che determinano l'incipienza dell'evento incidentale.

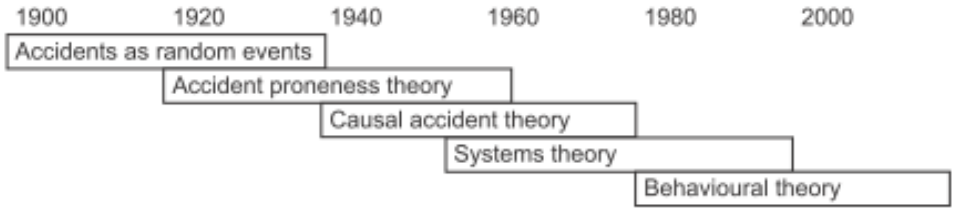


Figura 19:Percorso evolutivo delle teorie di analisi incidentale, Elvik R. et al, 1994

L'analisi del percorso delle teorie per la valutazione della sicurezza stradale ha messo in luce un cammino evolutivo dei fondamenti e degli approcci delle diverse metodologie, come riportato in Figura 19 si è raggiunta la consapevolezza della natura pluridimensionale del fenomeno dell'incidentalità, riconoscendo la necessità di metodi di analisi più complessi e multivariati, in grado di cogliere i rapporti di causalità tra i diversi fattori che possono concorrere all'accadimento di un incidente. Infatti la caratterizzazione di un aspetto così complesso non può ridursi né al mero computo della casistica incidentale, e né alla verifica del rispetto degli standard geometrici e funzionali imposti dalla norma[19] (Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, 2001 b), frutto di modelli dinamici e cinematici che escludono quasi totalmente l'importante apporto del fattore umano, ma bisogna puntare ad un approccio integrato che ottimizzi l'apporto conoscitivo dei diversi metodi.

Al fine di una preliminare caratterizzazione degli approcci al problema della valutazione delle prestazioni di sicurezza di una infrastruttura stradale è possibile ricondurre le diverse teorie che negli anni si sono susseguite a due principali approcci intellettuali e metodologici presenti in letteratura:

- *Analisi di sicurezza stradale*, ha lo scopo di individuare l'influenza del "fattore strada" nel gioco di co-responsabilità nell'accadimento dell'evento incidentale. L'approccio generale a cui fa capo tale metodo di studio è di tipo *pro attivo*, cioè come definito in Canale S. et al., 2009: "*fondato sull'analisi di tutti gli elementi caratterizzanti l'infrastruttura stradale sia essa in progetto o in esercizio (analisi preventiva di sicurezza), al fine di identificare i problemi di sicurezza attuali o futuri e di predisporre gli interventi e le azioni per la mitigazione del livello di pericolosità*". L'adozione di tale approccio è subordinato alla disposizione di una consistente base informativa relativa alle caratteristiche geometriche e funzionali dell'infrastruttura, così da poter definire la quota di responsabilità del *fattore strada* sul meccanismo di innesco di fenomeni incidentali, e la pericolosità manifesta e latente di un determinato sito.
- *Analisi dell'incidentalità*, si pone come strumento per la determinazione delle aree a più elevato rischio incidentale, cercando di individuare criticità localizzate sull'infrastruttura

[19] La norma attualmente vigente è il DM 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la progettazione delle strade". Il fattore innovativo del testo consiste nell'inserimento del fattore umano all'interno dei criteri di progettazione, in termini di percezione dello spazio stradale e tempi di reazione dell'utente. L'approccio generale della norma è tuttavia di tipo impositivo piuttosto che a carattere integrativo e fortemente imperniato su modelli dinamici e cinematici per lo studio del rapporto veicolo-infrastruttura.

mediante analisi, più o meno aggregata, dei dati incidentali disponibili e compilazione di appositi indicatori, relativi della storia incidentale di un sito. Il metodo è propedeutico alla definizione delle aree a priorità di intervento per l'abbattimento del rischio sulla strada; esso è riconducibile ad un approccio di base di tipo *reattivo*, ovvero come definito in Canale S. et al., 2009: " *basato sull'analisi dei dati storici di incidentalità per l'identificazione dei tronchi e/o nodi stradali ad elevato rischio, con l'obiettivo di determinare i siti di intervento*". Tale approccio ha dimostrato tuttavia dei punti di debolezza, legati in primis alla necessità di una consistente base storica di dati, presupponendo quindi un sistema strutturato di raccolta e trasmissione sul territorio, mentre ulteriori elementi di difficoltà sono introdotti dalla scarsa accuratezza del dato censito, soprattutto per quanto concerne la componente posizionale, fondamentale per elaborazioni di tipo spaziale.

Sebbene da due punti di vista completamente diversi, i due approcci cercano di fornire una stima del rischio a cui un soggetto è sottoposto in fase di viaggio: per le teorie di Analisi incidentalità classica non è possibile valutare la pericolosità dei luoghi se non attraverso evidenze sperimentali valutate attraverso la frequenza incidentale. E' evidente che un limite di tale approccio risiede nell'impossibilità di applicazione a strade non aperte al traffico; d'altro canto il metodo i Analisi di sicurezza è privo di un riscontro per la bontà delle analisi effettuate, ma si ricorre molto spesso ad analisi di variazione incidentale.

Con l'evolversi dei principi e delle tecnologie legate al filone della sicurezza stradale si sono affiancate alle teorie di matrice più classiche due nuovi approcci:

- *Analisi comportamentale*, attinge alla Teoria Omeostatica che pone al centro il "fattore umano" del sistema strada, segnando un punto di svolta nell'approccio al problema incidentale: fulcro del sistema diventano l'interazione uomo strada e uomo veicolo all'interno dell'equilibrio percettivo alla base del meccanismo della guida.
- *Analisi preventiva* dei fattori di rischio, fa proprie e rielabora gli approcci delle precedenti metodologie per integrarle entro un processo strutturato orientato all'individuazione delle potenziali aree critiche e potenziali fattori di instabilità del sistema, ponendosi in un'ottica interna al sistema. A livello nazionale tale approccio ha visto una forte spinta con la recente Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 3699 dell'8 Giugno 2001, recante le "Linee guida per le analisi di sicurezza delle strade" (Ministero dei Lavori Pubblici, 2001). Con tale atto, anche nel nostro Paese, vengono definite le modalità di applicazioni di tecniche ormai consolidate in altre Paesi Europei e extra europei, conosciuti come Road Safety Review, se riferite a strade in esercizio, o Road Safety Audit, per strade in fase di costruzione.

A partire ad queste premesse generali sul processo intellettuale che ha condotto alle moderne teorie di progettazione della sicurezza stradale si propone, nei seguenti paragrafi, l'analisi delle principali teorie e relative metodologie ad oggi diffuse, e che hanno avuto la funzione di fondamento teorico e metodologico per lo sviluppo del presente lavoro di ricerca.

2.2 Metodi di analisi delle prestazioni di sicurezza sulla strada

La centralità del "fattore strada" nelle dinamiche incidentali è un concetto ormai diffuso tra tecnici ed addetti ai lavori[20], sia in virtù delle dirette conseguenza di una inadeguata progettazione e manutenzione dello spazio stradale in relazione al trend incidentale, e sia per la quota di responsabilità che essa esercita sul comportamento dell'utente[21]. L'elemento *strada* introduce un fattore di rischio considerevole, poiché influenza sia la pericolosità, attraverso la sua organizzazione strutturale e funzionale, e sia la magnitudo, poiché la presenza di punti singolari, come ad esempio la carenza di idonei dispositivi di ritenuta o la presenza di inadeguate distanze da ostacoli fissi possono rappresentare elementi letali in caso di evento incidentale.

Appartengono a questa categoria i metodi basati sullo studio della coerenza delle caratteristiche geometriche e compositive dell'infrastruttura fisica in relazione non solo alla risposta dinamica e cinematica dei veicoli, ma anche in virtù delle capacità percettive dell'utente. Lo scopo è quello di definire il tenore di sicurezza che caratterizza l'infrastruttura attraverso l'analisi di informazioni legate agli aspetti strutturali e funzionali e, per quanto riguarda i metodi più evoluti, si tende a costruire modelli comportamentali dell'utente attraverso l'analisi di parametri rilevabili e direttamente correlabili con la guida.

2.2.1 METODO DEL DESIGN CONSISTENCY "RAPPORTO STRADA-UTENTE AL CENTRO"

La teoria della *Design Consistency* ha sancito un momento di importante cambiamento nel panorama delle teorie per la definizione dei livelli di sicurezza stradale attraverso l'analisi di parametri geometrici e compositivi integrando l'importante variabile del *fattore umano*.

Da un sistema di valutazione tradizionale basato sull'analisi dei singoli requisiti di ogni elemento geometrico compositivo del tracciato, si approda ad una visione sistemica orientata a valutare la qualità e la coerenza complessiva delle scelte progettuali in relazione alla loro influenza sulla corretta condotta di guida dell'utente, a sua volta funzione del rapporto percettivo e del rapporto *aspettativa e effettivo andamento* del nastro stradale.

Il concetto innovativo alla base di questa teoria è racchiuso nella "*Self Explanatory Road*", ovvero la caratteristica di una strada di essere facilmente "leggibile" dall'utente, così da favorire una condotta di guida più regolare, sicura e consapevole. Lo studio di tale approccio è stato oggetto di attenzione di diversi esperti della materia, i quali hanno fornito definizioni complete della teoria:

> *"La Design Consistency comporta che il progetto e la geometria della strada non devono in alcun modo violare le aspettative o le capacità dell'utente che guida una vettura o motociclo in condizioni di sicurezza"* (Glennon J.C et al., 1978).
>
> *"Una inconsistenza del progetto può essere definita come: una soluzione geometrica o combinazione di geometrie adiacenti che trasmettono inaspettatamente un alto carico di*

[20] Statistiche ufficiali richiamate nella letteratura tecnica di riferimento ((R.Lamm, 2004) e (Autori PIARC, 2003)) e dall'AASHTO americana (Autori AASHTO, 2010) sono concordi nell'attribuire alla strada dal 30 al 35% di responsabilità diretta o indiretta degli eventi incidentali, affermazione avvalorata da un lato dall'opinione della Commissione Europea che ha eletto il fattore "strada" a terzo pilastro di azione .

[21] A tale proposito bisogna menzionare le conclusioni di alcuni studi fondati su approccio statistico che evidenziano come l'elemento stradale sia ininfluente ai fini dell'incidentalità, ma sia relazionata con essa secondo effetti secondari legati all'interazione con l'utente (Autori AIPCR, 2010 a).

lavoro mentale all'utente, comportando condizioni inaspettate e conseguentemente una guida non sicura" (Messer C.J., 1980).

"Un tracciato Consistente è importante proprio per la relazione che esiste tra consistenza e sicurezza. Le inconsistenze che esistono su una strada comportano un cambiamento delle caratteristiche della strada, le quali possono prendere di sorpresa gli utenti e condurre ad alte velocità di percorrenza. Un tracciato consistente dovrebbe consentire al maggior numero di utenti di percorrere in sicurezza, alla velocità desiderata, l'intero tracciato" (Lamm R. et al., 1995).

E' evidente che il concetto di *Design Consistency* è imperniato sullo studio dell'influenza tra due dei componenti del sistema strada: strada- utente, imputando alla prima un ruolo attivo e trainante poiché rappresenta la leva su cui agire per scoraggiare comportamenti rischiosi tramite soluzioni geometriche del tracciato adatte alle capacità degli utenti e rispondenti alle sue aspettative.

I parametri di osservazione proposti in letteratura ed individuati come i più rappresentativi dell'interazione tra le due principali componenti del sistema sono: la *Velocità operativa*, il *Visual Load Index*, il *Mental Work Load*, prediligendo tuttavia il primo parametro grazie anche alla maggiore semplicità di osservazione e diretta causalità con i fattori stradali, come evidenziato dalla letteratura internazionale (Awatta M., Hassan Y., Sayed, T, 2006), (Autori FHWA, 1999) e (Heger R., 1995).

2.2.1.1 Valutare la velocità operativa

Il parametro della velocità risulta essere tra i più significativi poiché esprime il meccanismo di adattamento dell'utente alle condizioni a cui è soggetto durante la guida, è inoltre usato in fase di gestione e progettazione sia per caratterizzare il livello di servizio [22]di una infrastruttura (Autori AASHTO, 2001) e sia come valore di riferimento in fase di progettazione. (Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, 2001 b).

Per quanto concerne la valutazione del tenore di sicurezza, la velocità deve essere in grado di esprimere la condizione generalizzata di marcia: numerosi ricercatori hanno riconosciuto nella velocità operativa il parametro di riferimento. Essa viene generalmente definita come quella assunta da un veicolo in marcia in condizioni ideali di esercizio: ci si riferisce a condizioni di veicolo isolato, superficie stradale asciutta o bagnata ma pulita, condizione di illuminazione diurna, visibilità ottimali, assenza di intersezioni stradali o accessi laterali, assenza di interferenze visive, assenza liniti di velocità, tipologia veicolare omogenea, caratteristiche altimetriche del tracciato non rilevanti. E' evidente che tali condizioni non possano sussistere per la maggior parte delle infrastrutture esistenti e che tuttavia non siano oggettivamente quantificabili; nella necessità di rendere standardizzate e omogenee le condizioni di riferimento, con l'obiettivo di poter confrontare diverse realtà, si ricorre alla definizione contenuta nel "Green book" dell'AASHTO (Autori AASHTO, 2001):

[22] Level Of Service o LOS è una misura qualitativa della congestione e indirettamente del livello di stress psico-fisico subito dall'utente a causa delle condizioni di marcia irregolari e delle interazioni veicolari. Il valore viene espresso mediante 6 classi di riferimento da A a F in cui A rappresenta le condizioni di deflusso completamente libero. Le grandezze di input che consentono la determinazione di tali valori sono il rapporto Flusso/Capacità veicolare e la Velocità Operativa. Una definizione autorevole è quella dell'Highway Capacity Manual del 2001 (AASHTO, 2001) che lo definisce come*:" qualitative measures that characterize operational conditions within a traffic stream and their perception by motorists and passengers"*

> *"Operating Speed is the speed at which drivers are observed operating their vehicles during free-flow conditions. The 85th percentile of the distribution of observed speeds is the most frequently used measure of the operating speed associated with a particular location or geometric feature."*

Essa ad oggi è considerata il miglior indicatore della consistenza dei tracciati, in quanto esprime l'ottantacinquesimo percentile della distribuzione delle velocità delle sole autovetture in condizioni di deflusso libero, strada asciutta e tempo buono.

In letteratura infatti sono numerosi i modelli orientati alla stima della V_{85} che presentano come parametri di input caratteristiche geometriche del tracciato; tra le principali si annoverano quelli riportati in Tabella 6

Nome	Espressione	Definizione
Radius of Curve	R	Valore del raggio della curva
Degree of Curve	$DC=\alpha\cdot(360°)/2\pi$	Angolo al centro, espresso in gradi sessadecimali, che spicca un arco di lunghezza pari a 100m sulla curva
Curvature Change Ratio	$CCR_S = \frac{1000}{L_r}\cdot\frac{360°}{2\pi}\cdot(\tau_1+\alpha+\tau_2) \quad \left[\frac{deg}{km}\right]$	Variazione angolare subìta dalla direzione di moto; indica il rapporto di variazione della curvatura relativo alla variazione di direzione che interessa un tratto di strada
Tangents Length	L_T	Lunghezza degli elementi rettilinei connessi ai tratti di curva circolare

Tabella 6:Parametri di input nei modelli previsionali della V85

La velocità operativa e i parametri geometrici di riferimento citati rappresentano la gamma di indicatori dai quali derivare il grado di coerenza di una infrastruttura stradale nell'ottica della sicurezza e desumere il legame con gli aspetti comportamentali dell'utente alla guida.

2.2.1.2 Safety Criterion Di Lamm

Uno trai i metodi più conosciuti presenti in letteratura è quello esposto da Lamm (Lamm et al., 1988) in "*Possible Design Procedure to Promote Design Consistency*", nel quale vengono enunciati i tre *Safety Criterion*, definendo così una metodologia per la valutazione delle prestazioni di sicurezza di un tracciato stradale in fase di progettazione o di adeguamento.

Safety Criterion I

Il primo criterio di Lamm definisce il livello di sicurezza di un tracciato stradale valutando il grado di aderenza delle aspettative dell'utente alla guida rispetto alla reale conformazione geometrica della strada attraverso il confronto diretto tra la distribuzione della velocità operativa attesa e la velocità di progetto, sintesi degli assunti progettuali e dei dettami normativi. L'analisi viene condotta su tutti gli elementi geometrici costituenti il tracciato stradale (considerati singolarmente nella loro successione spaziale), siano essi rettifili o curve circolari. Il confronto tra la condizione di esercizio postulata in fase di progettazione e le reali condizioni di marcia dei veicoli viene articolata in tre livelli, come riportato Tabella 7, ai quali corrisponde il grado di aderenza tra le due situazioni poste a confronto, suggerendo il grado di emergenza dell'intervento di mitigazione.

Valutazione	Differenza di velocità
	[km/h]
Buono (Good)	$\left\|V_{85\,i} - V_p\right\| \le 10$
Accettabile (Fair)	$10 \le \left\|V_{85i} - V_p\right\| \le 20$
Non Accettabile (Poor)	$\left\|V_{85\,i} - V_p\right\| > 20$

Tabella 7:Criterio I di Lamm

Secondo quanto definito dal I Criterio di Lamm un progetto stradale è consistente ai fini della valutazione della sicurezza quando la differenza tra i due parametri di velocità presi a riferimento presenta uno una variazione in valore assoluta inferiore ai 10 km/h; nel caso in cui la variazione si collochi nell'intervallo intermedio si considera il tracciato ai limiti dell'accettabilità: sono suggeriti interventi mirati alla riduzione delle velocità di percorrenza attraverso sistemi di regolazione e comunicazione, o interventi strutturali che agiscono sui fattori di aderenza trasversale e pendenza longitudinale. Il verificarsi del terzo scenario comporta la necessità di intervenire sull'infrastruttura in modo più deciso, anche attraverso la riprogettazione di tratti di strada, con lo scopo di scongiurare situazioni di pericolo discendenti dalla discordanza evidente tra tracciato stradale aspettativa dell'utente alla guida.

Safety Criterion II

Il secondo criterio di Lamm analizza la consistenza di un tracciato stradale mediante analisi della variazione di velocità operativa che si registra tra due elementi consecutivi del tracciato stradale. Tale aspetto supera la tradizionale concezione di verifica basata sui singoli elementi geometrici (Autori FHWA, 1999.) ma abbraccia una prospettiva più ampia, propria della teoria della Design Consistency, che analizza le scelte progettuali e i risvolti applicativi e reali in un'ottica sistemica. Il criterio viene applicato a elementi curvilinei e rettilinei, ponendo particolare attenzione su quest'ultimo elemento in relazione alla sua percezione da parte dell'utente alla guida. Dalla verifica tra le variazione delle velocità operative assunte sui diversi elementi geometrici componenti il tracciato stradale si deduce il grado omogeneità del tracciato; i tre scenari individuati per la classificazione sono riportati in Tabella 8

Valutazione	Differenza di velocità
	[km/h]
Buono (Good)	$\left\|V_{85i} - V_{85i+1}\right\| \le 10$
Accettabile (Fair)	$10 \le \left\|V_{85i} - V_{85i+1}\right\| \le 20$
Non Accettabile (Poor)	$\left\|V_{85i} - V_{85i+1}\right\| \ge 20$

Tabella 8:Criteio II di Lamm

E' evidente che nel caso del II Criterio di Lamm i modelli previsionali della velocità operativa V_{85} giocano un ruolo determinante ai fini dell'attendibilità del metodo: si rende quindi necessario scegliere con accuratezza il metodo più idoneo alla valutazione di tale parametro, anche in relazione alle caratteristiche globali della strada in esame; analisi di letteratura hanno

evidenziato buoni risultati attraverso la stima del CCR Curve Cange Ratius, come sostenuto in Praticò F.G., Giunta M., 2010.

Gli scenari riportati in Tabella 8 forniscono indicazioni sulla omogeneità del tracciato: a partire dal secondo livello si registrano irregolarità sul profilo delle velocità , fino ad assumere l'entità di brusche variazioni , indice di una scarsa coerenza geometrica e alta probabilità di innesco di situazioni di rischio, legati a fenomeni di sorpresa nell'utente. Le azioni di mitigazione sono analoghe a quanto previsto per il Criterio I.

Safety Criterion III

Il terzo Criterio di Lamm è legato all'analisi della sicurezza della marcia del veicolo in condizioni di equilibrio dinamico in curva: il confronto alla base del metodo è realizzato tra il coefficiente di aderenza trasversale disponibile sull'infrastruttura in relazione alle sue caratteristiche di progetto f_A e quello richiesto dalle condizioni operative f_D caratterizzate dalla velocità operativa V_{85}.

A partire dall'espressione analitica che descrive la condizione limite di equilibrio del veicolo in curva, e assumendo l'ipotesi semplificativa di assimilare il veicolo standard ad un punto materiale di ugual massa concentrata nel suo baricentro, si giunge a valutare il coefficiente di attrito trasversale in funzione delle caratteristiche geometriche e dei valori di velocità necessari alla verifica

$$R=\frac{V^2}{127(q+f_T)} \quad \Rightarrow \quad f_T=\frac{V^2}{127R}-q$$

$$f_{TA}=\frac{V_d^2}{127R}-q \qquad f_{TD}=\frac{V_{85}^2}{127R}-q$$

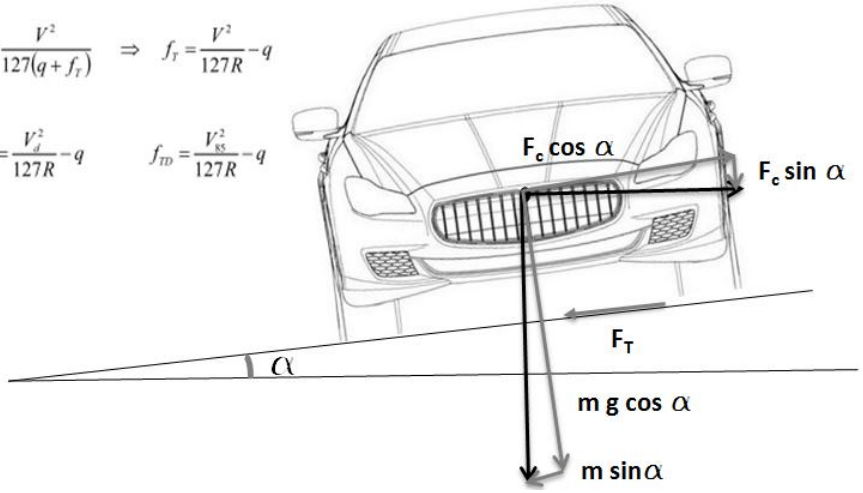


Figura 20:Condizione limite di equilibrio del veicolo in curva

Mediante tale modello è infatti possibile, come riportato in Figura 20, calcolare il valore di aderenza trasversale, base di verifica del terzo criterio. Analogamente a quanto osservato per i precedenti due Safety Criterion, anche in questo caso è possibile definire il grado di rispondenza delle caratteristiche operative ai criteri di progettazione e quindi definire il grado di sicurezza del tratto curvilineo di tracciato esame secondo i tre scenari proposti in Tabella 9:

Valutazione	Differenza di velocità
	[km/h]
Buono (Good)	$f_A - f_D \geq 0.01$
Accettabile (Fair)	$-0.04 \leq f_A - f_D \leq 0.01$
Non Accettabile (Poor)	$f_A - f_D \leq 0.04$

Tabella 9:Criterio III di Lamm

Contestualmente alla valutazione dello scenario di appartenenza è possibile mettere in atto azione di abbattimento dei fattori di pericolosità sulla infrastruttura, sia mediante interventi di gestione, come ad esempio ridurre la velocità operativa, o con azioni strutturali, come ripavimentazione o modifica della pendenza trasversale. Anche in questo caso la scelta di adeguati modelli previsionali della velocità operativa è condizione necessaria per garantire veridicità ed attendibilità al metodo; inoltre i coefficienti di aderenza vanno verificati e adeguati in relazione alle caratteristiche superficiali della pavimentazione, ricorrendo se necessario a prove in loco.

2.2.1.3 Criteri di Consistency da normativa nazionale

I criteri progettuali presenti in normativa rivelano una forte influenza di una concezione obsoleta per la verifica di compatibilità del tracciato ai fini della sicurezza, incentrata sul rispetto di vincoli geometrici derivanti dallo studio della dinamica e cinematica del veicolo isolato, trascurando così quasi del tutto il fondamentale aspetto legato al comportamento degli utenti alla guida.

L'attuale normativa di riferimento in materia di progettazione stradale (Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, 2001 b) individua due criteri principali per la valutazione della consistenza del progetto del tracciato: il primo incentrato sullo studio delle caratteristiche geometriche degli elementi costitutivi l'asse plano-altimetrico e la loro successione, richiamando teorie classiche della progettazione, e una seconda basata sullo studio degli aspetti cinematici e legato allo studio della velocità di percorrenza.

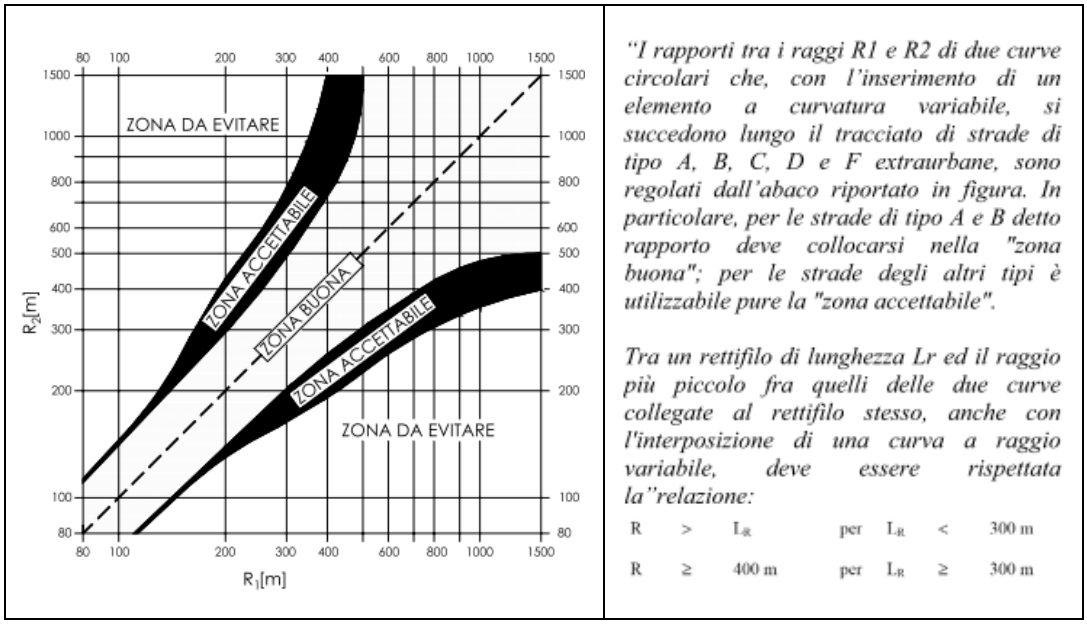
Criteri geometrici

Gli assunti più restrittivi ai fini di garantire la compatibilità e la sicurezza di un tracciato stradale per tutti gli utenti si riscontrano soprattutto nell'analisi del profilo planimetrico del tracciato: grande attenzione è posta nello studio della successione e delle caratteristiche geometriche degli elementi di base (archi di cerchio e rettifili) che materializzano l'asse stradale e la loro caratteristiche di omogeneità ed armonia complessiva, affinché l'utente ne abbia una corretta percezione. La normativa di riferimento stessa definisce come uno dei principali requisiti per una corretta progettazione quanto segue:

> *"Ai fini di garantire una soluzione sicura, confortevole per gli utenti e soddisfacente dal punto di vista ottico, è necessario adottare per la planimetria e l'altimetria, soluzioni coordinate e compatibili con le velocità di progetto."*

La coerenza dei vari elementi geometrici del tracciato viene introdotta mediante limitazioni e criteri sulle dimensioni minime dei singoli elementi (raggio del cerchio e lunghezza del rettifilo)

e, ai fini della corretta percezione e conseguenti azioni di guida, mediante lo studio dei rapporti dimensionali tra elementi contigui, come riportato nella Figura 21.



"I rapporti tra i raggi R1 e R2 di due curve circolari che, con l'inserimento di un elemento a curvatura variabile, si succedono lungo il tracciato di strade di tipo A, B, C, D e F extraurbane, sono regolati dall'abaco riportato in figura. In particolare, per le strade di tipo A e B detto rapporto deve collocarsi nella "zona buona"; per le strade degli altri tipi è utilizzabile pure la "zona accettabile".

Tra un rettifilo di lunghezza Lr ed il raggio più piccolo fra quelli delle due curve collegate al rettifilo stesso, anche con l'interposizione di una curva a raggio variabile, deve essere rispettata la''relazione:

R	>	L_R	per	L_R	<	300 m
R	≥	400 m	per	L_R	≥	300 m

Figura 21:Criteri di composizione geometrica, Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, 2001 b

L'aspetto altimetrico del tracciato viene trattato mediante l'imposizione di standard geometrici da rispettare sugli elementi compositivi, ovvero livellette e archi di parabola, con l'accortezza primaria di evitare fenomeni di abbagliamento notturno e garantire opportune distanze di visibilità per le diverse manovre.

Un elemento a carattere innovativo connesso con il concetto di Design Consistency è il concetto di "*Coordinamento plano-altimetrico*" che, in caso di carenza, può condurre ad una cattiva percezione del tracciato da parte dell'utente alla guida, inducendolo verso situazioni di rischio; tale fase della progettazione rivela uno spiccato carattere di sistematicità, ed definito dalla norma stessa :

> *"Al fine di garantire una percezione chiara delle caratteristiche del tracciato stradale ed evitare variazioni brusche delle linee che lo definiscono nel quadro prospettico, occorre coordinare opportunamente l'andamento plano-altimetrico dell'asse con il profilo longitudinale "*

Vengono quindi indicate le condizioni ottimali, ai fini di confort e sicurezza di viaggio, per gestire il binomio profilo altimetrico e planimetrico nelle loro rispettive successioni di elementi geometrici.

Criteri cinematici

Dall'analisi di letteratura emerge che un parametro fondamentale per la valutazione della consistenza di un tracciato stradale sia rappresentato dalla velocità poiché indicatore del comportamento dell'utente in relazione alla geometria di progetto di una infrastruttura. La norma in vigore introduce un importante strumento per l'analisi dell'andamento di tale parametro, ovvero il *Diagramma delle velocità*, definito come:

> *"rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale. Si costruisce, sulla base del solo tracciato planimetrico,*

calcolando per ogni elemento di esso l'andamento della velocità di progetto, che deve essere contenuta nei limiti definiti."

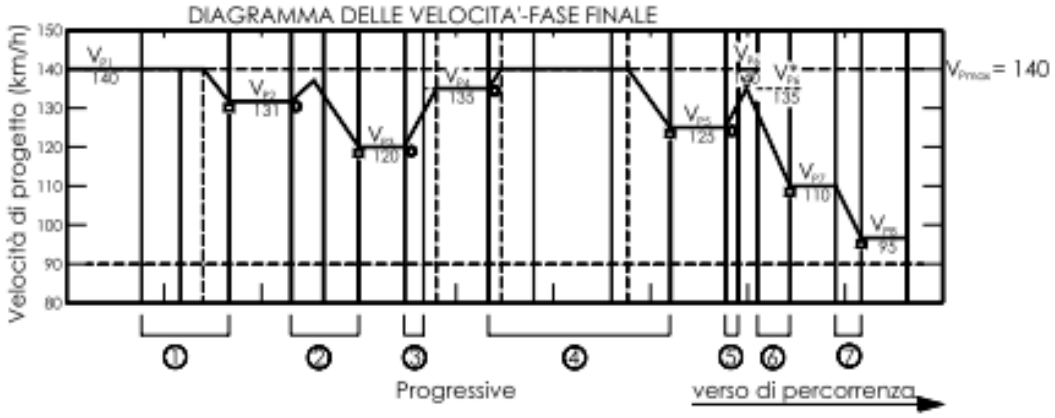


Figura 22:Diagramma delle velocità, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2001 b

La costruzione di tale strumento consente:

- La verifica dei criteri di omogeneità sull'asse stradale, mediante l'analisi del gradiente di velocità valutato tra elementi successivi e rapportati a limiti di accettabilità[23] ;
- Risalire alla velocità di progetto per ogni punto del tracciato necessaria al dimensionamento di aspetti geometrici.

E' evidente che i criteri di valutazione della consistenza legati sia a principi geometrici e sia cinematici si fondano sullo studio di parametri assunti in fase di progettazione, e che quindi possono presentare anche evidenti variazioni delle condizioni operative soprattutto in relazione alla tipologia di strada e alla funzione della stessa in ambito territoriale. Da evidenze sperimentali emerge infatti la tendenza, da parte degli utenti alla guida, ad assumere un valore di velocità di marcia superiore alle limitazioni imposte o alla velocità di progetto come evidenziato da altri autori (N. Stamtiadis, H. Gong, 2007).

Ne deriva l'inadeguatezza della velocità di progetto come base di analisi per la consistenza del tracciato, quando l'obiettivo più alto è quello di valutare la rispondenza tra comportamento dell'utente e geometria di progetto: una alternativa più efficace vedrebbe la velocità operativa come parametro di verifica della sicurezza del tracciato. Va inoltre ricordato che la normativa vigente, adottata come riferimento, è cogente per strade in adeguamento o di nuova progettazione, evidenziando incongruenze significative in relazione al patrimonio infrastrutturale preesistente, concepito secondo principi diversi, situazione per la quale ad oggi non esiste ancora un riferimento normativo dedicato.

[23] I limiti che consentono la verifica di omogeneità del tracciato, sulla base della velocità di progetto si basa su una ipotesi semplificativa, che impone la legge di moto del veicolo in uniformemente accelerato con una accelerazione/decelerazione di modulo 0.80m/s. I limiti di coerenza alla base della classificazione sono riconducibili ai seguenti: "Per $V_{pmax} \geq 100$km/h (autostrade, strade extraurbane principali e secondarie) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla V_{pmax} a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità di progetto non deve superare 10km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20km/h, è consigliabile che non superi i 15km/h. Per gli altri tipi di strade ($V_{pmax} \leq 80$km/h) nel passaggio da tratti caratterizzati dalla V_{pmax} a curve a velocità inferiore, la differenza di velocità non deve superare 5km/h. Inoltre, fra due curve successive tale differenza, comunque mai superiore a 20km/h, è consigliabile che non superi i 10km/h." da Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, 2001 b.

2.2.1.4 Criteri innovativi per valutare la sicurezza di un tracciato

Il riscontro reale di una corretta progettazione stradale è fornito dall' esame comportamentale dell'utente alla guida e dall'analisi incidentale, che rappresenta le cartina tornasole dell'efficienza globale del sistema strada. Per una effettiva valutazione della coerenza delle caratteristiche dell'infrastruttura si rendono necessari dei metodi che realizzano un monitoraggio continuo e diretto delle modalità di guida e delle relative reazioni agli stimoli esterni da parte del guidatore, in linea con le recenti teorie in materia di Safety che pongono il fattore umano al vertice della piramide del modello strada.

Il nuovo approccio alla Design Consistency, reso possibile soprattutto grazie al progresso tecnologico e alla massiccia diffusione di device affidabili e a basso costo, ha permesso di introdurre metodologie per l'analisi on–board e on-trip della risposta umana al condizionamento esercitato dai fattori esterni. Ciò consente di slegarsi da artificiosi modelli comportamentali desunti da parametri, principalmente cinematici e geometrici, che hanno caratterizzato l'approccio classico allo studio comportamentale. Si riportano di seguito alcuni dei metodi ce ad oggi risultano essere più affidabili nella mappatura comportamentale e analisi comparata con lo spazio stradale.

Mental Workload

Il Mental Worload *MWL* è definito come il carico di lavoro gravante sul conducente, funzione del grado di consistenza del tracciato e misurato in relazione al grado di concentrazione ed alla quantità di informazioni visive che il conducente deve percepire e valutare durante la sua azione di guida (Autori FHWA, 2000). Un tracciato leggibile, senza improvvise mutazioni di andamento infatti consente all'utente di assumere una condotta di guida sicura e serena, meno incline all'innesco di potenziali situazioni incidentali poiché la sua concentrazione è totalmente disponibile in caso di presenza di improvvisi ostacoli sulla sua traiettoria.

La misura del Mental Work Load è possibile grazie a particolari sistemi visori indossati dall'utente durante la guida, in grado di fornire una stima del carico mentale mediante l'analisi delle reazione del sistema visivo in funzione dello spazio stradale attraversato. Un esempio di questo sistema è rappresento da un casco con visore a cristalli liquidi oscurato, che a richiesta permette la visuale, cosi da permettere la stima del tempo durante la quale un guidatore ha la necessità di osservare la strada per preservare una condotta sicura, come osservato da altri autori (Tsimhoni O., Green P.A., 1999 e Autori FHWA, 2000).

Figura 23:Casco visore per la valutazione del Visual Demand , Autori FHWA, 2000

L'output del sistema consiste nell'elaborazione di un indicatore in grado di quantificare il carico di lavoro sul guidatore: il Visual Demand che viene poi correlato al Mental Workload attraverso delle tabelle di correlaizione, come riportato in Tabella 10

Difficulty Level	Demand	Anchors	Rating
Very easy	No mental effort needed to drive	As easy as driving a straight, flat road	1
Easy	Little mental effort needed to drive		2
Little difficulty	Some mental effort needed to drive		3
Minor difficulty	Moderate mental effort needed to drive		4
Difficult	Considerable mental effort needed to drive	By concentrating you can steer a smooth path	5
Very difficult	High mental effort needed to drive		6
Major difficulty	Maximum mental effort needed to drive		7
Very major difficulty	Maximum mental effort needed to stay in lane		8
Almost impossible	Maximum mental effort needed to stay on road		9
Impossible	Cannot stay on the road	Curves are too sharp to stay on road	10

Tabella 10:Modified Cooper-Harper Scale, Autori FHWA, 2000

Da evidenze sperimentali non risulta un diretto legame tra valori di curvatura e aumento del *Visual Demand*, tale variazione risulta essere più che altro relativa al tracciato percorso, indice che questo campo di sperimentazione può approdare, anche attraverso l'apporto di nuove tecnologie per il monitoraggio di altri parametri vitali, a risultati innovativi. La scarsa diffusione di questi sistemi, la preponderante componente di ricerca e la mancanza attuale di evidenti correlazioni con la consistenza di tracciati, considerato anche la forte componente soggettiva che la metodologia porta in sé, la rendono ad oggi una pratica non ancora diffusa per la valutazione della consistenza stradale.

Visual Load Index

Nell'atto di guida il senso della vista è sicuramente quello che gioca il ruolo principale; basandosi però il meccanismo di guida sulla percezione dell'utente, altri parametri fisici possono essere considerati per tracciare un quadro più completo dello stato psicofisico dell'utente, apportando benefici alla tematica della sicurezza, soprattutto per quanto concerne la nascita i nuove teorie di progettazione che possono vedere l'utente al centro del processo.

Alcuni ricercatori infatti si sono concentrati sullo studio della correlazione tra la variazioni di diverse funzioni vitali e la consistenza del tracciato in ragione della sua leggibilità e quindi carico di lavoro generato sul conducente. A tal proposito le esperienze più note sono state condotte mediante l'analisi dei movimenti oculari del conducente su guide in simulazione e successiva valutazione delle sue risposte del sulla base degli stimoli esterni, giungendo alla definizione dell'indicatore Visual Load Index- VLI, definito come il rapporto dei movimenti oculari su un intervallo di tempo prestabilito, quale nuovo indicatore della consistenza dei tracciati stradali (Bosurgi G., D'Andrea A ., Pellegrino O., 2003).

2.2.2 METODO DEGLI INDICATORI DI RISCHIO DEL TRACCIATO " STRADA AL CENTRO"

Gli indicatori di rischio del tracciato attingono alla teoria più classica della valutazione della sicurezza stradale, poiché il loro scopo è quello di definire gli standard qualitativi a partire da analisi compositive e metrologiche delle caratteristiche geometriche di diversi tratti di strada. L'approccio tradizionale ha fatto della correlazione tra la distribuzione incidentale e l'analisi del tracciato plano altimetrico nelle sue caratteristiche geometriche e compositive il principio fondamentale per la classificazione delle performance di sicurezza per una infrastruttura stradale.

Il metodo è stato ampliamento testato e validato con l'esperienza condotta dalla *Federal Highway Administration FHWA*[24], attraverso la creazione di una banca dati orientata all'analisi dei rapporti tra qualità dell'infrastruttura e livello di sicurezza garantito, anche mediante creazione di opportuni indicatori: il sistema *Highway Safety Information System*[25] , ne è un valido esempio, realizzato con l'obiettivo di analizzare le condizioni delle infrastruttura in relazione all' l'incidentalità locale. In letteratura esistono diversi indicatori orientati alla classificazione del tracciato per la sicurezza in funzione delle caratteristiche geometriche degli elementi costitutivi; nei paragrafi seguenti si riportano alcuni esempi presenti in letteratura.

2.2.2.1 Indicatori Di Tracciato Orizzontali

La prima classe di indicatori dipendenti esclusivamente dalle caratteristiche geometriche del tracciato sono basati sull'analisi dello sviluppo planimetrico: il loro scopo è quello di definire l'andamento della curvatura dell'asse stradale, procedura che, relazionata con i parametri cinematici, ha posto le basi per la definizione dei criteri di *Design Consistency*.

L'attenzione allo studio dell'andamento planimetrico è di fondamentale rilevanza, poiché esso genera nell'atto di guida, un maggiore carico di lavoro sul conducente rispetto ai condizionamenti legati allo sviluppo altimetrico, a causa di una maggiore variabilità e maggiore incidenza sotto il profilo della cinematica e dinamica del veicolo. Le grandezze geometriche prese in considerazione sono: raggi planimetrici, tangenti tra raccordi e angoli di deviazione delle stesse. Di seguito si propone, in Tabella 11 una breve raccolta degli indicatori più impiegati nelle analisi per la valutazione degli standard di sicurezza secondo un approccio di tipo tradizionale.

[24]La Federal Highway Administration (FHWA) è una divisione del Dipartimento dei Trasporti degli Stati Uniti orientate alla gestione delle infrastrutture di trasporto stradali.
http://www.fhwa.dot.gov/

[25]Il sistema *Highway Safety Information System* è un database che contiene incidenti, inventario delle strade, volumi di traffico per un definite numero di Stati americani, selezionati in relazione alla loro disponibilità di dati e alla loro capacità di gestire un simile processo. Tali Stati sono: California, Illinois, Maine, Michigan, Minnesota, North Carolina, Ohio, Utah, Washington. Lo scopo del sistema è quello di raccogliere dati per la gestione e lo studio della rete stradale ai fini della sicurezza.
http://www.hsisinfo.org/index.cfm

Nome	Espressione	Autore	Funzione
Average Radius	$AR = \sum_i R_i / n$	Targin 1954	*Analisi omogeneità:* parametro rappresentativo della curvatura media del tracciato
Curvature Change Rate	$CCR = \sum \omega_i / \sum L_i$	Mc Lean 1978	*Analisi omogeneità:* indicatore di tortuosità di tracciato
Max Radius / Min Radius	$RR = R_{\max} / R_{\min}$	Polus 1980	*Analisi omogeneità:* definisce il range di variabilità del raggio di curvatura
Degree of Curvature	$DC = \sum (1/R_i) \cdot \sum L_i$	Morral 1994	*Analisi consistenza* : valuta un grado di curvature in funzione del raggio della curva e del suo sviluppo
Curve Lenght	$CL = \sum Li_{curva} / \sum Li_{rett}$	Kramnes 1995	*Analisi omogeneità:* confronta lo sviluppo di tratti in curva e rettifilo
Average Tangent Lenght	$ATL = \sum Li_{rett} / n$	Al Masaeld 1995	*Analisi omogeneità:* valuta lunghezza dei rettifili e determina la rigidezza, Si può analizzare con la velocità

Tabella 11:Indicatori planimetrici per la valutazione della sicurezza di un tracciato

Alcuni degli indicatori presentano un connotato prettamente geometrico poiché determinano una misura dell'uniformità del tracciato esprimendo la variazione di terminate caratteristiche di un elemento compositivo dell'asse rispetto al valore rappresentativo (media sugli elementi del tracciato, o massimo valore). Nel caso del raggio ad esempio un valore massimo fuori tendenza esprime una possibile anomalia e mancanza di uniformità di tracciato, punto che potrebbe tradursi in criticità di innesco di situazioni incidentali. Altri, come ad esempio quello che esprime la lunghezza media dei rettifili, può indicare una correlazione con parametri cinematici, come la velocità operativa sui rettifili, come definito in McLean:

> *"la velocità con la quale ogni utente sceglie di percorrere il tracciato in condizioni di flusso libero e senza condizionamenti esterni "*(McLean J. ,1981).

Tale condizione può rivelarsi pericolosa nel momento in cui l'utente non percepisce la necessità di rallentare in vista di una curva successiva, a causa di una carenza della caratteristica di "Self Explanatory " della strada. L'indicatore geometrico ad oggi ritenuto più significativo ai fini della caratterizzazione del livello di sicurezza è il *Curvature Changes Rate*, che esprime la variazione della curvatura di due elementi contigui, evidenziando da risultati empirici, un buon grado di correlazione con le distribuzioni incidentali, e come osservato precedentemente, esso è spesso utilizzato come parametro rappresentativo della geometria stradale nei modelli predittivi delle velocità afferenti ai metodi di Design Consistency.

2.2.2.2 Indicatori Di Tracciato Verticali

L'andamento altimetrico di una infrastruttura generalmente presenta dei condizionamenti prettamente legati alla dinamica del veicolo e alle sue performance. Per quanto riguarda l'aspetto geometrico gli elementi compositivi del tracciato presentano delle curvature che non generano sensibili variazioni di accelerazioni sull'utente e sul veicolo, tali da lederne la stabilità. Da analisi di letteratura emergono indicatori basati sull'analisi compositiva del tracciato

altimetrico, orientati a valutare il legame con la distribuzione delle velocità medie, la presenza di adeguate distanze di visibilità, ed il numero di eventi incidentali.

Nome	Espressione	Autore	Funzione
Average rate of vertical curvature	$AVRC = (\sum L_i / \Delta_i) / n$	Gibree, 2001l	Analisi Omogeneità: valuta il valor medio della curavtura verticale
Vertical curvature change rate	$VCCR = \sum \Delta_i / \sum L_i$	Gibreel, 2001	Analisi Omogeneità: misura la variazione tra elementi successivi della curvatura verticale

Tabella 12:Indicatori altimetrici per la valutazione della sicurezza di un tracciato

Anche lo studio dell'aspetto altimetrico del tracciato conferma le lacune di tale metodologa per la valutazione della sicurezza stradale: il giudizio è fondato su parametri che discendono da pure considerazioni geometriche che scaturiscono dall'attività di progettazione, trascurando elementi descrittivi del comportamento umano alla guida. Solo valutando le influenze degli elementi geometrici sulla guida si può riuscire a ricavare una relazione logica ed esplicativa tra le caratteristiche dell'infrastruttura e l'incidentalità attesa al fine di poter valutare la qualità del progetto in termini di sicurezza dell'esercizio viario.

2.2.3 METODO DELLA TEORIA OMEOSTATICA "UTENTE AL CENTRO"

Il "fattore umano", inteso come insieme delle capacità dell'utente in termini di percezione degli stimoli esterni l'abitacolo e attitudine alla guida, assume, nella Teoria Omeostatica di Wilde (Wilde G.J.S., 1982), il ruolo di elemento centrale nei processi di generazione di incidenti stradali. La teoria si fonda su due concetti principali: *percezione*, cioè il complesso delle capacità sensoriali ed intellettive di ricevere uno stimolo dall'ambiente esterno ed elaborarla in informazione, e quello del *rischio accettabile*, ovvero la stima soggettiva della probabilità di evento critico a cui gli utenti sono disposti a sottoporsi al fine di giungere ad uno scopo, in questo caso il viaggio (Fleury D., 1991).

In letteratura la definizione di "omeostasi" attinge dalle scienze biologiche e fisiologiche come capacità dell'organismo di conservare una stabilità al suo interno, mediante alcuni processi regolativi e contro regolativi che si attivano a ogni variazione delle condizioni esterne; trasponendo questa teoria al sistema stradale, Wilde (Wilde G.J.S, 1982) concluse che in ciascun individuo si innesca un meccanismo di tipo compensativo, schematizzato Figura 24: assunto un livello di rischio accettabile, il *Target Level of Risk*, funzionale al soddisfacimento pieno delle proprie esigenze, l'utente tenderà a mantenere un livello omeostatico di rischio, cioè effettuerà una continua rivalutazione cognitiva della soglia considerata ideale per l'utente *Desired Adjustment* (livello ottimale di rischio), in relazione con la situazione realmente percepita, *Perceived Level Risk* (livello effettivo di rischio).

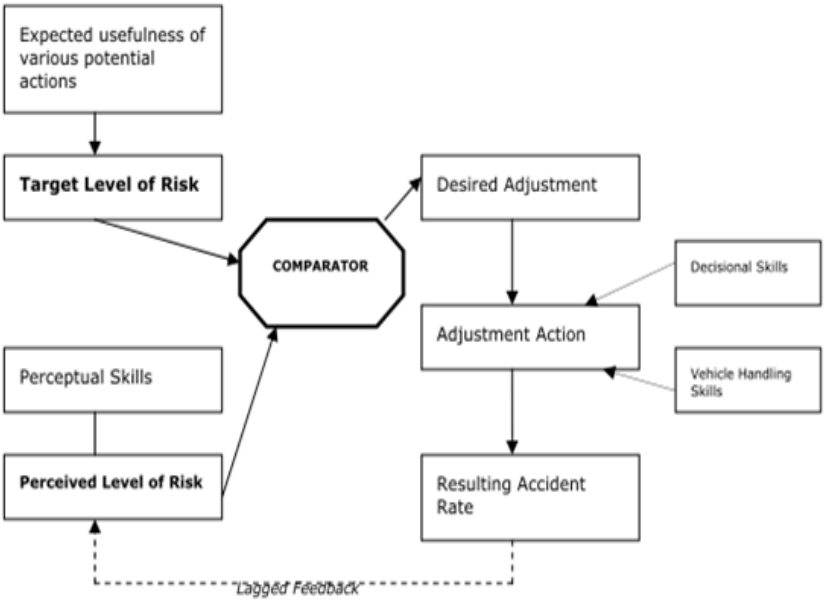


Figura 24:Schema del meccanismo compensativo-, Wilde G.J.S., 1982

Secondo tale teoria è possibile che si verifichino situazioni di deficit di sicurezza in virtù del meccanismo di compensazione che conduce l'utente verso comportamenti pericolosi: un esempio è rappresentato da infrastrutture stradali che trasmettono un basso tenore di rischio effettivo attraverso le loro caratteristiche geometriche e compositive, condizione che si traduce, in virtù del processo omeostatico, in un atteggiamento dell'utente che tende all'innalzamento e al conseguente raggiungimento della sua soglia di rischio.

Secondo Wilde proprio questo meccanismo, applicato ad una scala più vasta e generalizzata, sarebbe alla base della scarsa significatività della variazione delle percentuali incidentali nonostante il progresso tecnologico sugli autoveicoli e le azioni di mitigazione sulle infrastrutture stradali. Nello specifico, come sostenuto da altri autori (Fleury D., 1991), la somma di tutte le azioni soggettive volte a raggiungere la personale soglia di rischio legata al meccanismo *percettivo-estimazione-correzione* , fondamento della teoria omeostatica, produce un effetto globale sul sistema di mobilità di un contesto di riferimento che determina, in un intervallo di tempo sufficientemente ampio, (uno o più anni), il trend incidentale per un Paese. Da ciò deriva che, se l'avanzamento della soglia di rischio accettato dall'utente viene spostata in avanti, poiché interventi sull'infrastruttura generano una percezione di minore rischio, l'efficacia dell'intervento stesso ne risulta compromessa anche a livello globale.

La teoria Omeostatica consente inoltre due chiavi di lettura legate alla gerarchia della percezione e al meccanismo di compensazione: ad un livello vasto può analizzare e fornire la valutazione qualitativa del rischio percepito dalla società, influenzando anche il comportamento e l'opinione del singolo nelle scelte legate alla mobilità; a livello più specifico la percezione del rischio influenza la condotta di guida e le condizioni di traffico. Operativamente la teoria omeostatica viene impiegata per l'analisi di sicurezza stradale, soprattutto per il fattore utente: i principi esposti si traducono in una metodologia in grado di compiere una valutazione qualitativa, della risposta dell'utente agli stimoli ambientali in relazione alle sue capacità percettive e reattive, in base alla sua soglia di rischio, definendo così il suo modello comportamentale e la sua capacità di adattamento alle condizioni infrastrutturali.

A seguito di diverse analisi, anche in condizioni limite, Wilde ha messo in evidenza che l'unico modo per abbattere la piaga incidentale è agire direttamente sulla percezione del rischio dell'utente, ponendo cioè in atto azioni correttive della sua soglia di rischio ottimale, concetto che egli ha espresso nel suo "*Target Risk. Dealing with the Danger of Death, Disease and Damage in Everyday decisions*" :

> *"People alter their behaviour in response to the implementation of health and safety measures, but the riskiness of the way they behave will not change, unless those measures are capable of motivating people to alter the amount of risk they are willing to incur (target level of risk)".* (Wilde, 1994)

La teoria dell'Omeostasi rappresenta una pietra miliare nella panoramica delle teorie volte alla definizione del tenore di sicurezza di un tracciato stradale, perché pone al centro il fattore umano e il suo rapporto diretto con lo spazio circostante attraverso lo studio delle sue reazioni, segnando un momento di rottura con il più classico approccio imperniato sullo studio di criteri geometrici. Allo stesso tempo la mancanza di riscontri diretti attraverso l'osservazione di parametri quantizzabili e l'evidente connotazione soggettiva e poco dettagliata la rendono, come sostenuto da altri autori (Elvik R, 2004), di difficile applicabilità. La teoria omeostatica rimane tuttavia una fonte di grande ispirazione per le metodologie per l'analisi della sicurezza stradale che considerano il fattore umano un elemento importante di studio.

2.2.4 RIFLESSIONI SUI METODI DI ANALISI DI PRESTAZIONI DI SICUREZZA

Il tratto distintivo della teoria della *Design Consistency* risiede nella valutazione delle scelte progettuali e nell'analisi delle possibili condizioni di esercizio attraverso l'ottica di un utente alla guida, valutando cioè la rispondenza delle caratteristiche geometriche del tracciato alle aspettative dell'utente alla guida. La valutazione di tale scostamento diviene il criterio sul quale la metodologia si basa, evidenziando gli stretti rapporti di causalità tra i fattori "strada e utente". Il requisito principale del metodo è rappresentato da una rigorosa modellazione e formalizzazione della condotta di guida dell'utente in relazione all'ambiente e alla pressione che esso genera sul di esso: i metodi che valutano indirettamente tale aspetto mediante modelli cinematici legati alla caratterizzazione geometrica sono affetti da incongruenze dovuti all'unicità del fattore analizzato, escludendo l'importante influenza di altri fattori sulla risposta dell'utente alla guida. Ad esempio il criterio della Design Consistency basato sull'analisi della velocità operativa come parametro rappresentativo del comportamento dell'utente, assumerebbe un carattere più veritiero se calcolato sulla base di campagne di monitoraggio piuttosto che su correlazioni con caratteristiche geometriche frutto del processo di progettazione.

Gli approcci sperimentali, fondati sull'osservazione diretta del comportamento dell'utente alla guida mediante appositi dispositivi tecnologici, sono in grado di fornire una visione sistemica dell'interazione strada-utente; tuttavia per caratteristiche proprie della metodologia e strumentazione adottata si riscontrano dei fattori di debolezza: essendo basate su osservazioni dirette e condotte in condizione di stress psicologico proprio a causa della consapevolezza del rilievo, gli utenti potrebbero alterare il loro comportamento; inoltre il carattere fortemente soggettivo del risultato non è attenuato da una consistente base sperimentale che consenta di tracciare un legame significativo tra conformazione stradale e reazione dell'utente.

Gli Indicatori di rischio del tracciato richiamano l'approccio classico poiché fanno corrispondere a determinate condizioni geometriche e compositive dell'asse stradale uno specifico livello di sicurezza: tale approccio ha insita in sé una profonda lacuna poiché la valutazione su parametri

di matrice progettuale esula dal considerare l'apporto del fattore umano e delle relazioni che intercorrono tra gli altri fattori del Sistema strada ai fini della valutazione dell'insicurezza. Tuttavia gli indicatori individuati sono stati molto spesso strumenti per tracciare nuovi approcci.

La teoria Omeostatica, a differenza delle altre, pone al centro il fattore umano in relazione all'ambiente e al suo sistema percettivo, rivelando una scarsa applicabilità anche a causa della mancata riscontrabiltà dei parametri del metodo in maniera massiva. Tuttavia essa rimane di forte ispirazione per molte teorie.

2.3 Metodi di Analisi incidentale

Ai fini della caratterizzazione globale di una infrastruttura stradale sotto l'aspetto della sicurezza è evidente che la sola analisi della distribuzione degli eventi incidentali, in un determinato intervallo temporale, non possa essere esaustiva. Per la comprensione delle dinamiche di mobilità e i livelli di rischio che la caratterizzano si rende necessaria una metodologia integrata atta ad evidenziare l'esito dell'interazione tra i diversi elementi componenti il "Sistema Strada" con le procedure di analisi di sicurezza.

La complementarità dei due approcci è avvalorata dal fatto che lo studio dell'incidentalità consente una valutazione post-intervento dell'efficacia delle azioni di mitigazione realizzate, anche a seguito delle raccomandazioni scaturite da un'analisi di sicurezza, (fondamento di base dei metodi Before-After), inoltre essa è uno strumento funzionale alla definizione del grado di rischio dei tratti stradali della rete. L'individuazione di tali siti, comunemente chiamati *Black spots*, è un utile strumento per la definizione delle priorità di intervento, come riportato da diverse fonti nazionali ed internazionali (Parlamento Europeo, 2008, e Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2011), al fine di definire una classifica dei siti sui quali eseguire approfondite analisi di sicurezza ed i relativi interventi di mitigazione finalizzati all'abbattimento del fenomeno incidentale.

Negli anni diverse metodologie hanno rincorso la soluzione più opportuna per la determinazione dei livelli di rischio delle infrastrutture stradali mediante analisi incidentale, ma ad oggi non è ancora stata definita una metodologia globalmente efficace, anche perché tale fenomeno è fortemente legato alle caratteristiche specifiche del luogo e dalle risorse informative disponibili. Infatti i diversi approcci che negli anni si sono susseguiti si sono spesso scontrati con scarsa disponibilità dei dati e mancanza di accuratezza nella rilevazione, che si aggiungono alla grande variabilità che caratterizza intrinsecamente il fenomeno, rendendo difficoltosa la stima della futura frequenza e localizzazione degli eventi sulla base di modelli previsionali (Benedetto A., Benedetto C., De Blasiis M.R. ,2004).

Attraverso l'analisi dei sinistri inoltre è possibile mettere in luce le tipologie incidentali più frequenti in un sito, così da far emergere i legami di dipendenza tra gli elementi del Sistema strada, ai fini della progettazione di interventi di mitigazione sulle cause mediante azioni di "Forgiving Road[26]", cioè interventi finalizzati a ostacolare errati comportamenti alla guida, attraverso una oculata progettazione dello spazio stradale.

[26] Il concetto di Forgiving Road, insieme a quello di Self Explanatory Road, definiscono le caratteristiche innovative che una infrastruttura stradale deve possedere per mettere in atto nuove strategie per l'abbattimento del fenomeno incidentale. Il concetto di Forgiving Road, secondo quanto riportato da diversi autori (Bekiaris E., Wiethoff M., Gaitanidou E., 2011), è definito come una strada progettata e

Ogni incidente infatti è preceduto da una situazione di innesco in cui il pericolo è incipiente, e l'equilibro tra i fattori è evidentemente labile: una simile condizione può trovare un fattore di innesco o rimanere latente, così che non tutte le potenziali circostanze incidentali esprimono il loro potenziale danno. Ciò produce una reale sottostima delle condizioni di pericolosità delle strade, proprio perché spesso si tende ad associare il concetto di insicurezza con il numero di sinistri gravi effettuando così una evidente semplificazione, legata spesso all'indisponibilità di dati specifici, tralasciando quindi i potenziali casi incidentali, legati a fattori di pericolo che insistono sulla strada stessa.

2.3.1 BASE DI DATI PER L'ANALISI INCIDENTALE

Un approccio efficace all'incidentologia presuppone la disponibilità di una consistente base di dati atti a caratterizzare l'evoluzione del fenomeno in una coerente dimensione spazio temporale, commisurata alla rapidità di evoluzione del fenomeno stesso: la disponibilità del dato e la sua accuratezza giocano un ruolo fondamentale in questo tipo di analisi, poiché inficia notevolmente il livello di dettaglio perseguibile e la veridicità dei risultati.

A livello nazionale la rilevazione è frutto di un'azione sinergica da parte di diversi soggetti istituzionali: ISTAT, Ministero dell'Interno, ACI, Polizia Stradale, Carabinieri, Polizia Provinciale, Uffici di Statistica delle Province, i quali utilizzano una modalità standardizzata di rilievo e trasmissione dei dati, regolato da apposito accordo tra le parti (ISTAT 2011), al fine di alimentare la banca dati ISTAT sull'incidentalità.

Il fulcro di tale sistema è rappresentato dal modulo di rilevazione che veicola tutte le informazioni relative ad un sinistro dal momento del rilievo fino alla pubblicazione da parte dell'ISTAT nel report annuale. Esso è il modulo CTT/INC, denominato " Rilevazione degli incidenti stradali con lesioni a persone", riportato all' Appendice 1, il quale è costituito da una parte generale, riservata alla compilazione dei dati relativi al luogo, giorno, ora organo rilevatore e una parte specifica atta a caratterizzare il sinistro, i cui aspetti peculiari sono descritti di seguito.

Tipologia incidentale

I dati contenuti nelle schede di rilevazione rappresentano una fonte preziosa per cogliere i rapporti di causalità e le relazioni tra i fattori che hanno contribuito al fenomeno; nello specifico gli eventi sono classificati in 4 tipologie:

- Urti tra veicoli in marcia: scontri frontali, scontri laterali, tamponamenti;
- Urti tra veicoli in marcia e veicoli o ostacoli fermi: urti con veicoli in fermata momentanea o arresto o sosta, urti con ostacoli fissi o accidentali;
- Investimenti di pedoni;
- Eventi che coinvolgono veicoli in marcia senza urti: fuoriuscite, sbandamenti, frenate improvvise, cadute da veicoli.

costruita per interferire o bloccare comportamenti errati da parte dell'utente e mitigare eventuali conseguenze negative affinché torni aduna condotta di guida regolare; tipico esempio è la segnaletica rumorosa in caso di superamento della linea di delineazione della carreggiata, soluzioni tuttavia complementari con eventuali sistemi a bordo di comunicazione veicolo utente. Il concetto di self Explanatory Road fa riferimento ad una strada progettata e realizzata per evocare aspettative corrette da parte degli utenti della strada e suscitare corretto comportamento di guida, riducendo in tal modo la probabilità di errore del conducente e del comfort di guida migliorando

Tale informazione consente di conoscere le modalità di accadimento dell'incidente a prescindere dalle cause che lo hanno generato, permettendo, in relazione alla ripetitività della tipologia del sinistro, l'individuazione della presenza fisica di eventuali cause scatenanti in corrispondenza del sito.

Localizzazione dell'incidente

L'aspetto più carente della procedura è legato alla localizzazione dell'evento incidentale: nonostante l'importanza di tale informazione ai fini della valutazione del rischio sull'infrastruttura attualmente la componente spaziale è censita in prima battuta con riferimento al tipo e denominazione della strada, e successivamente con precisione chilometrica o ettometrica dove possibile, grazie alla presenza di riferimenti lineari, o legate, in area urbana, al riferimento alla numerazione civica delle abitazioni limitrofe. Tale aspetto genera una preoccupante lacuna informativa, richiamata anche dalla recente normativa europea in materia di analisi di sicurezza stradale (Parlamento Europeo, 2008) e il suo recepimento italiano (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2011) i quali prevedono la localizzazione dell'incidente mediante coordinata georeferenziata con GPS, e lo stesso sollecito proviene anche dall'ISTAT.

Veicoli

Le caratteristiche dei veicoli coinvolti nell'evento incidentale sono riportate con buon grado di accuratezza, manca invece l'informazione circa la presenza a bordo di eventuali dispositivi per la sicurezza e assistenza alla guida.

Luogo dell'incidente

La strada è caratterizzata con riferimento alla Classifica Tecnico Funzionale (art 2 Nuovo Codice della Strada) e all'ambito territoriale, inoltre è definita la composizione della sede stradale, aspetti geometrici (rettilineo, curva o intersezione) e tipologia di eventuale opera d'arte presente. Vengono censite inoltre informazioni sulla tipologia dalla pavimentazione e la presenza di idonea segnaletica verticale, anche se non in maniera dettagliata; mancano invece informazioni sulle condizioni di illuminazione della strada e sulla manutenzione.

Condizioni meteorologiche

Per quanto concerne il fattore ambientale sono presenti informazioni atte a descrivere le condizioni meteorologiche, che con la loro azione, possono generare evidenti influenze sulla viabilità stradale.

Utente e conseguenze

La scheda riporta informazioni che non ledano la privacy, ovvero età, genere, esito dell'incidente, informazioni circa la sua carriera di guida ed eventuali anomalie rispetto allo stato psico-fisico e dispositivi di sicurezza a bordo come cinture di sicurezza o casco. Vengono inoltre riportare informazioni sulle eventuali conseguenze dell'incidente per tutti i soggetti coinvolti

Circostanze presunte

Uno tra gli elementi fondamentali per l'analisi di sicurezza riguarda il campo che descrive le presunte condizioni dell'incidente, poiché esso consente di ricostituire la dinamica incidentale e di risalire ai comportamenti errati dei conducenti, anche ai fini delle sanzioni. L'analisi di tale aspetto è fondamentale per comprendere i meccanismi che hanno indotto l'utente in errore.

Migliorie necessarie sul versante dei dati incidentali

Dall'analisi del modello di rilevamento è evidente che i dati raccolti possono essere fondamentali per un'analisi non deterministica del fenomeno, orientata ad un approccio integrato tra i diversi fattori che concorrono all'accadimento dell'evento incidentale, atta a studiarne i rapporti di incidenza e causalità delle varie componenti: ad oggi, in mancanza metodologie di monitoraggio dirette sulla condotta di guida pre-incidentale (come sistemi di assistenza alla guida in grado si memorizzare l'andamento della condotta di guida dell'utente o una fitta rete di videocamere sull'infrastruttura), tali informazioni rappresentano l'unico indizio disponibile per la ricostruzione di tali scenari.

L'attuale approccio all'analisi incidentale trova nella disponibilità di una consistente base informativa costituita da serie storiche di eventi incidentali un elemento imprescindibile per l'individuazione di black spots e anomalie sulla rete stradale; tuttavia al fine di perseguire gli obiettivi di abbattimento del fenomeno incidentale attraverso la mitigazione delle cause è necessario agire anche sull'aspetto della conoscenza della fenomenologia attraverso il miglioramento delle metodologia di analisi mediante i seguenti passi:

- Implementare e rendere operativa una metodologia di rilievo tempestiva per la raccolta e trasmissione del dato, comprensiva dell'informazione posizionale accurata, resa possibile dalla diffusione dei device con sistemi di localizzazione GPS;
- Unificare le modalità di report incidentali;
- Potenziare la diffusione dei dati, anche in termini di accessibilità per non esperti anche ai fini della sensibilizzazione;
- Favorire l'integrazione e la condivisione delle diverse fonti informative (sanitarie, incidentali, catastali);
- Diffondere risultati di analisi e buone pratiche per la divulgazione della cultura della sicurezza

2.3.2 PRINCIPALI APPROCCI ALL'INCIDENTALITÀ

L'analisi del fenomeno incidentale può portare alla luce diversi aspetti legati all'insicurezza e al livello di rischio che caratterizzano un tratto di strada: la presenza di carenze strutturali sull'infrastruttura, deficit comunicativi, situazioni di errata percezione di tracciato conducono spesso a scorretti comportamenti di guida degli automobilisti. Lo studio del fenomeno incidentale può essere inoltre finalizzato a fornire una valutazione dei trend al momento dell'analisi o può essere analizzato in rapportato ad altri parametri che esulano apparentemente dal contesto della sicurezza stradale.

In questa ottica si collocano due modalità di condurre tali analisi, che mediante diversi iter metodologici conducono a risultati caratterizzati da diversi livelli di approfondimento e scale fenomenologiche e territoriali diverse: l'analisi aggregata è applicata a scale territoriali più vaste e fornisce una conoscenza globale del fenomeno, consentendo l'individuazione delle criticità a livello di rete, mentre l'analisi disaggregata rivolge la sua attenzione sulla singola componente infrastrutturale ed è tesa alla studio completo dalla dinamica incidentale.

In entrambi le metodologie si riscontra un limite legato alla rapida decadenza informativa del dato incidentale: in primis si commette un errore temporale, poiché l'analisi di serie storiche di dati incidentali conduce a considerare attuali condizioni passate, inoltre la scarsa accuratezza del posizionamento ostacola il raggiungimento di risultati più significativi, alla portata di innovative tecniche di analisi e rilievo.

2.3.2.1 Analisi Aggregata- Black Spots

L'analisi aggregata è il livello più ampio di analisi del fenomeno incidentale: essa conduce alla definizione delle aree critiche, degli obiettivi da perseguire nonché le priorità di intervento per abbattere il fenomeno dell'incidentalità. La procedura di analisi e d'individuazione dei siti pericolosi di un tracciato stradale rappresenta un passo fondamentale, poiché conduce alla definizione di aree ad alto rischio attraverso opportune elaborazioni con metodi statistici, con la possibilità di acquisire importanti informazioni sulle tendenze incidentali registrate nei diversi siti. Nel corso degli anni l'approccio all'incidentalità basato su analisi dei punti neri ha visto una grande diffusione, proprio per la facilità con cui tali aree possono essere individuate e monitorate, al fine di individuare la corretta strategia di risoluzione dei fattori di pericolosità che su di essa insistono.

La letteratura di riferimento (Ministero dei Lavori Pubblici, 2001) con il termine "Black Spot" definisce i "siti di dimensioni definite dove la densità incidentale è superiore a limiti di accettabilità prefissata"; tale definizione tuttavia non specifica né i metodi attraverso i quali calcolare indicatori rappresentativi del fenomeno incidentale e né fornisce valori di soglia di raffronto.

Le prime metodologie orientate alla definizione di indicatori rappresentativi del fenomeno incidentale e finalizzati alla definizione dei Punti Neri, hanno trovato un loro fondamento nel mero computo statistico su base temporale (frequenza incidentale), dimostrando però una scarsa attendibilità e manifestando una incongruenza di fondo con la complessità del fenomeno in analisi. Il raffinarsi del concetto di esposizione ha portata a valutare altri indicatori fino all'adozione del Tasso di incidentalità (già definito al Capitolo 1.3.1), che esprime il numero di incidenti in rapporto alla lunghezza del tronco stradale e al parametro di esposizione dato dal traffico giornaliero medio.

$$T_i = \frac{N_i \cdot 10^6}{\sum_{t=1}^{T} TGM_{i,t} \cdot 365 \cdot L_i}$$

dove

- T_i Tasso incidentalità del tronco omogeneo
- N_i numero totale degli incidenti del tronco *i* riferiti al tempo T
- T Periodo di riferimento espresso in anni
- L_i Lunghezza di riferimento del tronco *i* espresso in km
- $TGM_{i,t}$ Traffico Giornaliero Medio del tronco *i* nell'anno t

Ai fini della valutazione della pericolosità di un tratto stradale i valori di confronto sono calcolati sulla base delle caratteristiche della rete stessa ed in base alla sua esposizione, con particolare riferimento al Tasso di Incidentalità medio.

Tale metodo presenta due grandi vantaggi, quali: tiene conto dell'aspetto della variabilità dei flussi di traffico e vanta una notevole diffusione, con evidenti facilitazioni ai fini del confronto; gli svantaggi invece sono:

- Necessità di dati relativi ai flussi di traffico e TGM;
- Non considera la natura casuale degli incidenti;
- Il risultato per bassi livelli di traffico presenta spesso una sovrastima del fenomeno;
- Non tiene conto delle conseguenze degli incidenti ma solo dell'evento.

Tale metodologia è stata ampiamente adottata in Italia come una delle tecniche di valutazione dell'incidentalità proposta dal CNR –Consigio Nazionale delle Ricerche, e ad oggi considerato dalle nuove Linee Guida per l'analisi di Sicurezza, come un indicatore importante per l'analisi dell'incidentalità sulle tratte omogenee, in fase di analisi preliminare.

Altro indicatore spesso utilizzato e che presenta una formulazione simile a quella del Tasso di incidentalità è il Tasso di incidentati, che rappresenta il numero di individui che hanno subito gravi danni, in rapporto alla lunghezza del tratto stradale e al TGM, per 100 milioni di veicoli al km.

$$I_i = \frac{(F_i + D_i) \cdot 10^8}{\sum_{t=1}^{T} TGM_{i,t} \cdot 365 \cdot L_i}$$

Dove F_i e D_i rappresentano rispettivamente il numero di feriti e di decessi conseguenti agli incidenti; anche in questo caso il valore di soglia per la definizione dei tratti critici è dato dal valor medio sull'itinerario. Tali metodi esprimono valutazioni relative, poiché anche i valori di soglia sono calcolati in relazione alle caratteristiche stesse della rete comportando difficoltà per eventuali comparazioni con altre realtà.

Tra gli altri metodi di valutazione della pericolosità della rete si ricordano le mappe incidentali, che consentono la visualizzazione degli eventi e del grafo stradale attraverso uno strumento di rappresentazione ed analisi geografica quali i sistemi GIS. La valutazione di pericolosità che tale metodo offre è abbastanza approssimata, se ci si limita al solo dato di localizzazione degli incidenti, poiché consente di individuare i punti pericolosi solo in relazione della numerosità degli eventi registrati senza tener tuttavia conto di numerosi fattori quali volumi di traffico, le categorie di utenti coinvolte, la natura e le conseguenze degli incidenti. Se disponibili tali strati informativi possono essere visualizzati ed analizzati dal sistema GIS, come riportato in Figura 25.

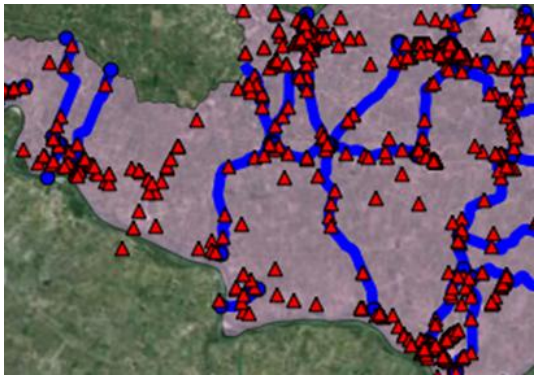


Figura 25:Mappa incidentale

Al fine di caratterizzare l'incidentalità a livello globale all'interno di una visione multidisciplinare e a scala macroscopica, sono stati introdotti in letteratura altri indicatori più semplici, ma in grado di fornire una visione d'insieme del fenomeno, come quelli definiti dall'ISTAT:

- Indice di Mortalità: è il rapporto tra il numero dei decessi come conseguenza degli incidenti e il numero dei sinistri, per 100.
- Indice di Gravità: è' il rapporto tra il numero dei decessi come conseguenza degli incidenti e il numero dei decessi e dei feriti come conseguenza degli incidenti, per 100.

- Indice di Lesività: è il rapporto tra il numero dei feriti come conseguenza degli incidenti e il numero dei sinistri, per 100.

Essi tuttavia non forniscono alcuna informazione sulla tipologie e la dinamica incidentale, ma rappresentano indici globali che caratterizzano il fenomeno di incidentalità al fine di correlazioni con altri parametri.

La corretta individuazione dei punti neri è un passo fondamentale per l'innalzamento del livello di sicurezza di una infrastruttura poiché, le azioni correttive che da tali analisi discendono hanno rivelato buoni tassi di miglioramento: tuttavia il metodo, agendo in una visione legata al solo fenomeno incidentale, non può rappresentare l'unico approccio alla sicurezza, ma va inserito antro un approccio globale.

L'analisi dei punti neri può assumere la valenza di metodo preventivo se, disponendo di una profonda conoscenza delle caratteristiche incidentali si è in condizione di mettere in evidenza caratteristiche che possono essere potenziali elementi di innesco, così da poter determinare le aree in cui le potenziali condizioni di pericolosità non si sono ancora espresse.

2.3.2.2 Analisi disaggregata e principali metodi

L'analisi disaggregata consiste in un processo di approfondimento verticale, guidato dalla preliminare fase di analisi aggregata ed effettuato su alcuni tratti della rete viaria valutati come pericolosi; essa è finalizzata ad analizzare aspetti specifici, strutturali e funzionali, riconoscibili come fattori di rischio, prevedendo per essi idonee azioni di mitigazione. Tale tipologia di analisi è connotata da una spiccata multitematicità poiché, ai fini della efficacia, vanno prese in considerazione tutte le variabili che prendono parte al fenomeno incidentale. Il fattore innovativo su cui tale analisi può contare è la possibilità di ricostruire, dall'analisi dei dati delle schede di rilevazione CCT/IN, la dinamica incidentale e risalire ai legami di causalità.

In letteratura i metodi più diffusi che fanno capo a tale tipologia di approccio sono :

- Diagramma di collisione: basata su una ricostruzione simbolica atta alla ricostruzione delle manovre e dei possibili conflitti;
- Scenari di incidente: basato sull'analisi dettagliata delle fasi in cui è possibile suddividere la sequenza di fasi che conduce all'evento incidentale.

Entrambi questi metodi presuppongono una profonda analisi delle tipologie incidentali, la loro suddivisione in classi omogenee e la scomposizione in manovre semplici: emerge quindi l'importanza delle informazioni di base deducibili dalla scheda di rilevazione e la conoscenza delle caratteristiche compositive della sezione stradale.

Diagramma di collisione

Il diagramma di collisione rappresenta la sintesi grafica di tutti gli incidenti che si sono verificati in un determinato sito in un periodi di riferimento di 5 anni. La simbologia utilizzata contiene informazioni sia riguardanti la categoria di utente coinvolto e sia le condizioni di guida e dall'ambiente stradale, come riportato in Figura 26.

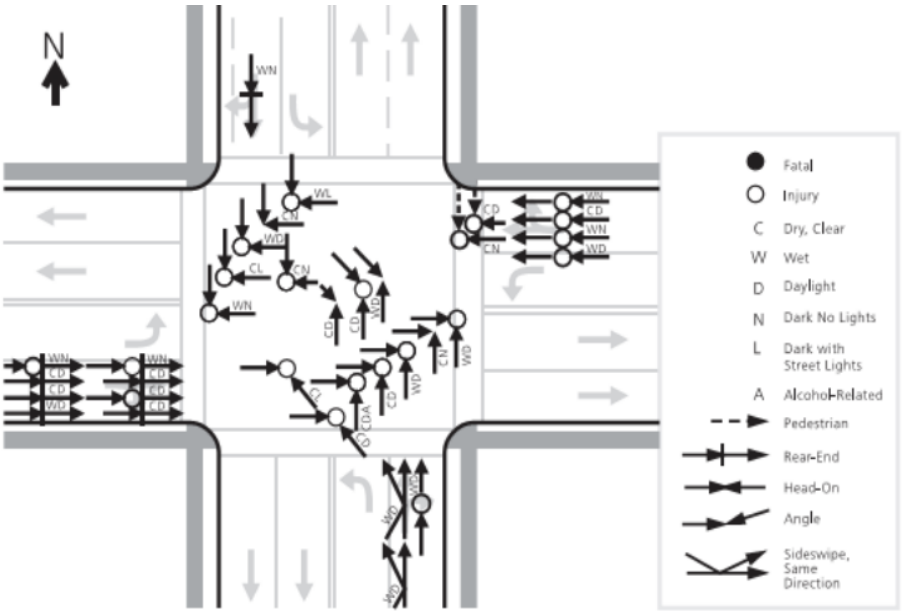


Figura 26:Esempio di diagramma di collisione

Il vantaggio di tale strumento consiste nell'immediatezza della rappresentazione, che consente di desumere il numero ed le caratteristiche comuni degli incidenti che si sono verificati, così da cogliere i legami di causalità e porre in atto le azioni di mitigazione.

Altro fattore distintivo di questo metodo consiste nella completa rappresentazione dello scenario incidentale, riportando anche i veicoli che non sono direttamente coinvolti nella dinamica incidentale, ma tutti quelli che possono in qualche modo influenzare l'accadimento dell'evento.

L'analisi del diagramma di collisione è finalizzata all'individuazione delle criticità *geometrico-funzionali* del sito, in rapporto al comportamento dell'utente alla guida, cioè in relazione all'analisi delle manovre che spesso hanno condotto a situazioni incidentali. Ad esempio il frequente coinvolgimento di pedoni in dinamiche incidentali evidenzia la necessità di evitare la commistione tra le diverse tipologie di utenze mediante dispositivi di protezione o disporre interventi di limitazione della velocità.

Analisi degli scenari di incidente

Il metodo si basa sul criterio di analisi di somiglianza delle dinamiche incidentali, detti *scenari*, occorse in un sito e sulla successiva valutazione statistica della frequenza di ognuno di essi e la predisposizione di interventi di mitigazione. Secondo diversi autori (Distefano N.,2010) uno scenario di incidente è definito come :

> *"uno svolgimento prototipale corrispondente ad un gruppo d'incidenti che presentano una similitudine d'insieme nel concatenamento degli eventi e delle relazioni causali, all'interno delle diverse fasi che conducono alla collisione".*

Il grado di dettaglio di uno scenario è legato da un lato alla complessità della fenomenologia in analisi e da un lato dal grado di accuratezza e dettaglio dei dati a disposizione.

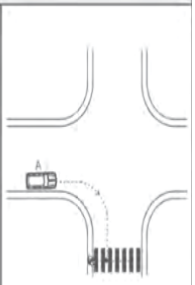
CODICE	SITUAZIONE DI GUIDA	SITUAZIONE CRITICA	SITUAZIONE DI EMERGENZA	SITUAZIONE FINALE	SEVERITA'	SCHEMA
Gruppo 9: Incidenti che coinvolgono pedoni						
9-04	• Il pedone, spesso bambino o anziano, in genere sulle strisce pedonali o su un attraversamento pedonale regolato da semaforo, si accinge ad attraversare la strada. • Il veicolo A si appresta a svoltare a destra. • In prossimità di un incrocio. • Tronco stradale prossimo ad un centro abitato o a un'area ad intensa attività umana.	Il conducente del veicolo A non si accorge della presenza del pedone e dà inizio alla manovra di svolta.	Il conducente del veicolo A: - non reagisce; - reagisce tardivamente	Il veicolo A investe il pedone.	1,65	

Figura 27:Esempio analisi degli scenari d'incidente

Affinché uno scenario conservi la sua caratteristica di generalità devono essere rispettati i seguenti accorgimenti: l'ottica di analisi deve essere esterna alla scena dell'incidente, inoltre tutte le componenti del sistema strada devono essere computate, ed è fondamentale il rispetto della sequenza spazio temporale. Il metodo consta dell'analisi delle quattro fasi in cui teoricamente è suddiviso un incidente:

- Situazione di guida: riporta la descrizione della situazione generale pre incidentale, caratterizzando le condizioni di moto del veicolo e le azioni del conducente;
- Situazione di rottura: rappresenta il momento di innesco del fenomeno; viene descritta la condizione di pericolo incipiente che può condurre all'evento incidentale;
- Situazione di emergenza: rappresenta il momento ultimo in cui una alterazione dello stato del sistema potrebbe ancora scongiurare l'evento;
- Situazione finale o choc: descrive la natura dello scontro.

Il metodo si rivela tuttavia afflitto da una spiccata componente soggettiva e legato alla qualità dei dati disponibili; in parte tali limiti possono essere superati ricorrendo a studi presenti in letteratura che forniscono liste di scenari precostituite.

2.3.3 NUOVI METODI PER L'ANALISI INCIDENTALE

La necessità di comprendere a fondo i rapporti di causalità tra i diversi elementi del sistema strada ha condotto allo studio di modelli previsionali orientati all'analisi di incidentalità, segnando un momento di rottura con le metodologie precedenti. Si passa ad un'ottica sistemica in grado di considerare tutti i fattori che entrano in gioco nelle dinamiche incidentali, analizzando le relazioni di causalità al fine di poter caratterizzare l'itinerario stradale in termini di incidenti attesi.

Secondo tali modelli i rapporti di causa/effetto tra i diversi elementi del Sistema Strada e la dinamica incidentale, vengono ricostruiti ripercorrendo, in relazione a parametri che descrivono compiutamente lo scenario di riferimento per una data tipologia di incidente, tutte le fasi che precedono l'evento critico. Questi modelli richiedono una profonda analisi delle dinamiche delle tipologie incidentali, e delle possibili interazioni e comportamenti che possono precedere un evento, tuttavia non necessitano di particolari banche dati, se non nel momento dell'attribuzione delle probabilità ai diversi fattori.

Ad oggi le metodologie più impiegate sono individuabili nell' *Hazard Analysis* e la tecnica della *Rete Neurale*, che verranno brevemente introdotte nei seguenti paragrafi ,al fine di fornire i

concetti alla base di tali metodologie, molto diverse tra loro ma che possono fornire un quadro completo sulle loro potenzialità.

2.3.3.1 Hazard Analysis

L' Hazard Analysis è una metodologia basata sull'analisi probabilistica e sulla definizione delle relazioni di causalità in merito alla successione degli eventi che conducono ad un sinistro. L'aspetto probabilistico del metodo è legato all' obiettivo primario di valutare la probabilità che si verifichi un incidente stradale in corrispondenza di un determinato sito con delle precise caratteristiche geometrico- funzionali e in definite condizioni di esercizio. L'analisi dei rapporti di causalità attinge agli approcci statistico-matematico, mentre l'analisi dettagliata delle fasi che precedono l'incidente richiama metodi di tipo deterministico, come ad esempio il metodo deglie scenari. L'elemento di innovazione risiede nella procedura di ricostruzione ed analisi della catena di eventi elementari, ognuno dei quali caratterizzati da probabilità di accadimento, fino a pervenire alla situazione incidentale, caratterizzata dalla probabilità cumulata derivante dalla successione delle fasi.

L'analisi dei "percorsi critici" è ispirata a teorie di stampo deduttivo, tipiche dell'analisi di qualità e di rischio dei processi industriali, e tra esse primeggia la "Fault Tree Analysis (FTA)" o "albero dei guasti" che, come definito da altri autori (Canale S., Leonardi S., Fabiano C.,1998) " *si basa sul frazionamento di un "sistema in tenti "Microsistemi" che, a loro volta, vengono posti in relazione ad un evento iniziale rappresentate il Top event*".

Declinando tale concetto al settore della sicurezza per le infrastrutture viarie la teoria prevede l'attribuzione di livelli di incidenza diversi ad ogni elemento del sistema strada e il calcolo della probabilità di accadimento: il percorso critico individua l'evento finale ripercorrendo le alternative di processo fino al suo raggiungimento , come evidenziato in Figura 28.

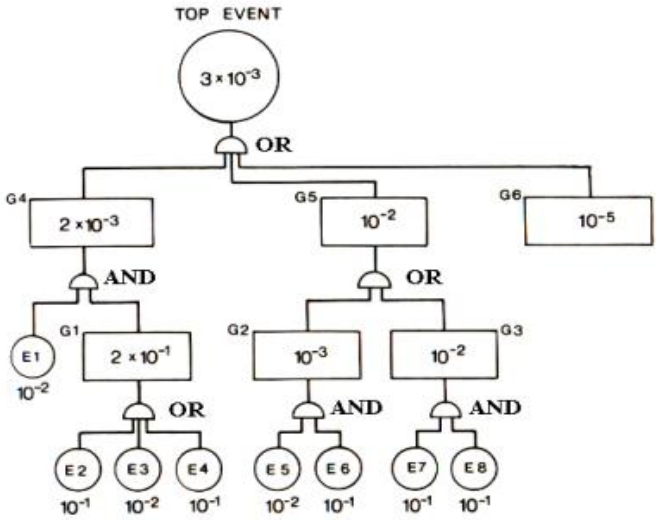


Figura 28:Schema dell'albero dei guasti, Canale S., Leonardi S., Fabiano C.,1998

Come è evidente dallo schema, l'albero dei guasti consiste in un diagramma che esprime le relazioni logiche tra cause iniziatrici e il *top event*, mettendo in evidenzia il contributo di ogni fattore del sistema considerato. Per la sua costruzione infatti la dinamica del sinistro viene decomposta in una serie di eventi elementari che in senso orizzontale sono tra loro alternativi, caratterizzati da una data probabilità, mentre in senso verticale invece hanno un legame di subordinazione e presentano una influenza diversa, espressa mediante un peso, sull'evento

incidentale finale. Uno dei vantaggi di questo sistema consiste nell'immediata individuazione delle cause di base di incidente e quindi agire su esse al fine di ridurne la probabilità.

Elemento distintivo del metodo consiste nella possibilità di considerare, nella costruzione dell'impianto logico, l'utente nella sua capacità di compiere scelte, determinando così la probabilità di accadimento degli eventi, oltre all'influenza dei fattori ambientali e stradali. Il calcolo delle probabilità sui diversi percorsi critici può rappresentare un punto di debolezza sia in caso di scarsa consistenza della base di dati, e sia perché non presenta fattori di normalizzazione rispetto all'esposizione, quindi la sua validità è relegata al campione in esame. Inoltre il carattere si sistematicità del metodo lo rende fortemente dipendete dalla configurazione stradale, dai suoi aspetti strutturali e funzionali, dai livelli di traffico e dal comportamento degli utenti, confermando una scarsa trasponibilità dei risultati.

2.3.3.2 Modello di Intelligenza Artificiale

Il fondamento di tale metodo consiste in algoritmi specifici che esulano dal modello classico di calcolo programmatico, che cerca di costringere entro i limiti della simulazione delle realtà complesse, come quella legata al fenomeno dell'incidentalità. Nel modello di Intelligenza Artificiale nessuna regola di analisi è imposta a priori: il metodo si ispira al modello di funzionamento del cervello umano che, senza istruzioni esplicite, è in grado di memorizzare e interpretare i rapporti di causalità propri di fenomeni complessi attraverso la fase di apprendimento o training e di generalizzazione: in virtù di questo meccanismo è detto "rete neurale". L'obiettivo finale è quello di individuare i rapporti di causalità tra i vari elementi del sistema a partire dalle variabili di input (condizioni ambientali, di traffico e geometrie progettuali), fino a giungere alla definizione della previsione incidentale in termini di localizzazione e frequenza .

Un punto di debolezza di tale sistema nell'applicazione al campo stradale consiste nella necessità della fase di training e l'onere di implementazione di una consistente e flessibile base di dati ad esso necessaria: per tale ragione il metodo viene applicato su tratte omogenee (secondo i criteri di composizione di sezione, standard geometrici, condizioni di traffico, condizioni climatiche), con una conseguente limitatezza della rilevanza solo nell'area di analisi e scarsa evidenziazione dei rapporti di causalità tra le componenti anche a causa della esigua varietà di condizioni al contorno.

2.3.4 RIFLESSIONI SUI METODI DI ANALISI INCIDENTALE

Lo studio delle diverse metodologie di analisi ha evidenziato la centralità della qualità del dato, in termini di accuratezza della localizzazione e delle informazioni acquisite: esso gioca un ruolo fondamentale al fine della veridicità dei risultati.

L'analisi aggregata presenta un carattere più generale e di inquadramento, fondamentale in fase decisionale e di programmazione di interventi, anche in vista di momenti di approfondimento. In questo segmento appare evidente il contributo che le nuove tecnologie, ed in particolare gli strumenti per l'acquisizione di informazioni ed immagini georiferite sta fornendo: la familiarità con tali strumenti, anche da parte di semplici cittadini, fornisce la base culturale per ambire a fonti dati alternative ed integrabili con quelle istituzionali ai fini del rilievo di comportamenti anomali alla guida.

L'analisi di tipo disaggregato presuppone una spiccata sensibilità e conoscenza della materia proprio in relazione alla verticalità con cui l'analisi viene effettuata. E' questo il caso dell'analisi

degli scenari, che facilita la comprensione delle dinamiche incidentali soprattutto grazie alla scomposizione nella sequenza temporale delle azioni, richiedendo però una elevata competenza da parte degli analisti in merito alla deduzione dei fattori di causali di ogni singolo incidente. L'analisi dei diagrammi di collisione assicura una immediata visualizzazione delle dinamiche dei sinistri grazie ad una estrema sintesi grafica, che tuttavia fa perdere il contributo di tutti gli altri elementi esterni che possono avere un ruolo fondamentale ai fini del sinistro; bisogna inoltre ricordare che l'efficacia del metodo è fortemente influenzata dalla simbologia adottata.

I metodi più innovativi di Hazard Analysis e Reti neurali, sono affetti da una forte influenza delle condizioni al contorno, proprio per la modalità con cui affrontano il fenomeno: il loro fine è l'analisi dei rapporti di causalità tra gli elementi del Sistema strada, contemplando quindi una molteplicità di aspetti legati al fenomeno incidentale, fortemente dipendenti dalle specifiche caratteristiche dal caso studio: tale necessità li rende scarsamente generalizzabili. Entrambi i metodi offrono buoni risultati in relazione a casi studio localizzati, di cui si dispone di una buona base di dati sia relativa alle caratteristiche dell'infrastruttura e dell'ambiente e sia in relazione alla storia incidentale. Dall'analisi dei due metodi risulta una maggiore applicabilità e fruibilità dell'Hazard Analysis, mentre il metodo delle Reti neurali ha una valenza prettamente teorica, a causa della sua scarsa produttività e trasponibilità

2.4 Road Safety Audit Program

In ambito internazionale le procedure di analisi di sicurezza si indicano con il termini di *Road Safety Audit*, se rivolte ad infrastrutture stradali in fase di progetto o *Road Safey Review* e *Road Safety Inspection* se interessano strade in esercizio.

Lo scopo di tali analisi è quello di assicurare un maggiore livello di sicurezza agli utenti della strada all'interno di un'ottica preventiva del fenomeno incidentale attraverso l'analisi approfondita di un progetto, di un piano di traffico o di una strada esistente da parte di un gruppo di esaminatori qualificati. L'innovazione che caratterizza il metodo consiste nell'individuazione delle potenziali situazioni di rischio e valutazione delle prestazioni di sicurezza assumendo un punto di vista interno al sistema, immedesimandosi quindi nelle diverse categorie di utenze che, in base alle loro capacità percettive, vengono guidate ad assumere una condotta di guida sicura. La metodologia di analisi si basa su un intenso confronto tra esperti in diverse discipline, dalla progettazione, alla pianificazione del traffico, psicologia, applicazioni telematiche, con lo scopo di tracciare una visione d'insieme il più possibile completa finalizzata a mettere in luce i diversi aspetti che possono concorrere ad abbattere i livelli di sicurezza di una strada, che talvolta possono sfuggire ad una visione classica e verticale.

La necessità del nuovo approccio è emersa da due considerazioni principali: da un lato la consapevolezza della casualità degli eventi incidentali e la molteplicità dei fattori che concorrono a determinarli porta all'inefficacia di metodologie di analisi statistiche bbe di stampo deterministico, dall'altro lato si è riscontrato che la qualità del patrimonio informativo disponibile, atto a descrivere gli aspetti compositivi della strada e quelli del fenomeno incidentale, sono del tutto inadatti a corrispondere ad esigenze conoscitive efficaci e funzionali all'effettiva comprensione dei fenomeni.

L'approccio alla sicurezza del *Road Safety Audit Program* nasce nel Regno Unito all'inizio degli anni Ottanta, prendendo spunto dalle metodologie di verifica di sicurezza utilizzate nel settore

ferroviario; successivamente tali procedure sono state assimilate in Australia, dove l'ente responsabile del trasporto ha emanato le prime linee guida in materia di analisi di sicurezza, che combinavano le buone pratiche di tutte le nazioni. Proprio tale documento definisce "fresh eyes" la prospettiva di analisi che deve guidare la metodologia d'indagine, orientate cioè all'individuazione dei pericoli reali per tutte le categorie di utenze, siano essi espressi o latenti.

Gli obiettivi principali di tali procedure sono:

- identificare i potenziali pericoli insiti in nuovi progetti in modo tale che possano essere eliminati o attenuati per mitigarne gli effetti negativi in fase di esercizio, evitando oneri sociali ed economici;
- identificare i reali e potenziali fattori di pericolo sulle strade esistenti in modo da mitigare ed eliminare fenomeni di incidentalità e la loro severità;
- assicurare che i requisiti per la sicurezza di tutte le categorie di utente siano esplicitamente considerati nella pianificazione, progettazione, costruzione, gestione e manutenzione delle infrastrutture stradali;
- evitare che, attraverso sbagliate azioni di mitigazione, i punti di pericolo non siano risolti ma si verifichi il fenomeno della migrazione, incrementando il livello di rischio su strade adiacenti

E' evidente che l'approccio è tutt'altro che reattivo: a differenza dei metodi classici dell'ingegneria per la sicurezza stradale, che operano l'individuazione di siti ad alto rischio solo a seguito di ripetuti eventi incidentali servendosi di strumenti statistici, il metodo delle analisi di sicurezza ha lo scopo di ridurre i fattori di rischio sulla strada prima che essi generino incidenti: tale risultato è perseguibile soltanto integrando la fase di analisi di sicurezza già dalla progettazione di un'infrastruttura accompagnandola poi per tutta la sua vita utile. Infatti nella fase progettuale essa può notevolmente contribuire a ridurre il divario tra assunzioni progettuali e livelli di sicurezza attesi rispetto alle le reali condizioni in cui la strada risulta essere in fase di esercizio.

Altro aspetto di fondamentale importanza per l'abbattimento del fenomeno incidentale sulla rete viaria consiste nell'analisi del patrimonio stradale esistente: ad oggi esso è inadeguato alle attuali esigenze di mobilità ed è prono a diposizioni normative progettuali che negli anni hanno subito numerose revisioni, prescindendo da un efficace strumento orientato alla sicurezza. L'analisi del patrimonio stradale in esercizio ha lo scopo di identificare e risolvere i fattori di rischio, utilizzando come strumento innovativo una visione interna al sistema per l'analisi della percezione della strada da parte dell'utente alla guida.

Al fine di porre in atto le dovuta azioni di mitigazione per ogni fattore di pericolosità individuato vengono suggerite all'ente responsabile della strada, una serie di contromisure, caratterizzate da diversi livelli di efficacia e oneri realizzativi. L'analisi può essere svolta secondo diversi livelli di approfondimento ed è applicabile a qualsiasi elemento dell'infrastruttura stradale, all'interno di un'ottica sistematica volta ad abbattere il fenomeno incidentale.

Il documento che rappresento il riferimento per le analisi di sicurezza in Europa è la Direttiva Europea 2008/96 per la gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali, nella quale viene formalmente definita la procedura di *Safety Audit* stradale per il progetto e l'esercizio delle arterie stradali appartenenti alla rete TEN. Le analisi di sicurezza vengono in particolare classificate come:

- *Road Safety Audit*, per le analisi di sicurezza delle strade in fase di progetto;

- *Road Safety Review*, per le analisi di sicurezza delle strade in esercizio;
- *Road Safety Inspection*, per le attività di monitoraggio sulle strade in esercizio.

La Direttiva è stata recepita con il Decreto Legislativo n. 35 del 15 marzo 2011 "Attuazione della direttiva 2008/96/CE sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture", che ne ricalca le metodologie e gli obiettivi. Facendo riferimento a tale documento si analizzano gli aspetti più innovativi dell'analisi di *Road Safety Review*, che rappresenta l'aspetto più efficace ad oggi in tema di sicurezza stradale nel nostro paese.

2.4.1 ROAD SAFETY REVIEW

Le pratiche di *Road Safety Review* sono un'attività rivolta alla rete stradale esistente che mira ad identificare le caratteristiche tecniche, geometriche e funzionali che contribuiscono all'accadimento di eventi incidentali. L'analisi offre un approccio integrato tra classificazione dei tratti ad elevata concentrazione di incidenti, in termini di valutazione di Black Spots e la classificazione della sicurezza della rete stradale, al fine di fornire un metodo in grado di evidenziare sia fattori di pericolosità espressi e sia potenziali. Sono sottoponibili a valutazione di sicurezza tutte le strade aperte al traffico da più di tre anni, mentre l'obbligatorietà ad oggi è sancita dalla norma solo per le strade appartenenti alla rete TEN, cui faranno seguito i livelli funzionali inferiori.

Gli attori coinvolti nel processo si analisi sono:

- Il Committente, ovvero l'Ente che ha la responsabilità di garantire condizioni di comfort e sicurezza per l'infrastruttura e , ai fini dell'analisi scegli e il gruppo di professionisti;
- Il Gruppo d'analisi, cioè tre o più esperti certificati che presentano un ventaglio di conoscenze sufficiente a cogliere tutti gli aspetti legati alla problematica e al territorio.

2.4.1.1 Metodo di analisi di sicurezza delle strade esistenti

La metodologia di analisi della sicurezza stradale secondo il Decreto n.35 si fonda su un ciclo composto da quattro azioni principali, riportato nella Figura 29.

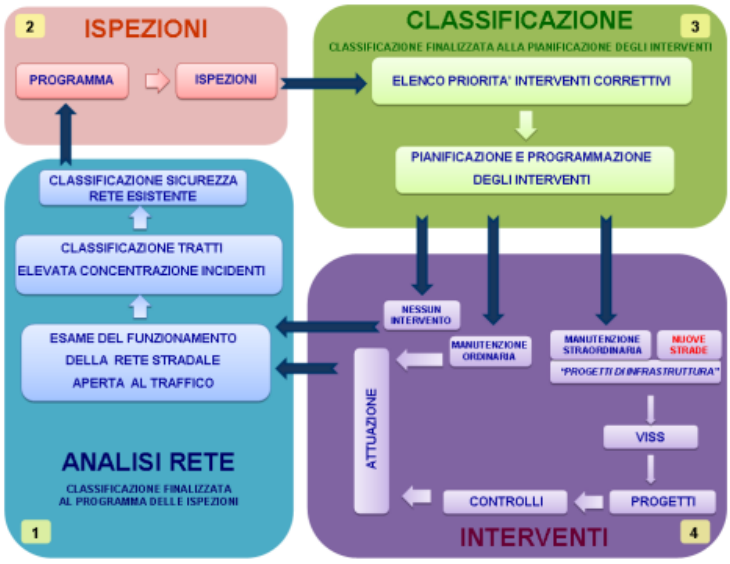


Figura 29:Il ciclo delle attività del processo di gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2011

La fase iniziale del processo di gestione consiste in un esame preliminare del funzionamento della rete stradale aperta al traffico, attraverso lo studio delle sue caratteristiche geometriche e funzionali e considerando la sua funzione a livello territoriale al fine di giungere ad una suddivisione in tratte omogenee, propedeutica alla successiva fase di classificazione per l'individuazione delle priorità e definizione del programma di ispezione. Sulla base di tale classifica si procede con un'analisi dei dati incidentali al fine di caratterizzare la rete in relazione al fenomeno, e far emergere, attraverso il calcolo di indicatori come il Tasso Incidentale (espresso anche in funzione del flusso di traffico) l'entità del fenomeno, e successivamente, attraverso l'indicatore di Costo Sociale Medio[27], si procede alla valutazione del potenziale di miglioramento economico legato alla riduzione incidentale, definendo l'indicatore SAPO (Safety Potential). Il risultato della fase di analisi preliminare è l'individuazione delle aree caratterizzate da un maggiore livello incidentale, che dimostrano potenziali migliorativi elevati, giungendo quindi alla programmazione della fase di ispezione e la definizione dei livelli di sicurezza.

La fase di analisi preliminare è generalmente eseguita sulla base di giacimenti informativi preesistenti: si rivela determinante, ai fini della classificazione preliminare della rete, la qualità del quadro conoscitivo disponibile poiché, una scarsa rappresentatività dei dati e delle informazioni, può condurre ad una falsa identificazione di siti critici.

L'attività di ispezione viene eseguita secondo due livelli di dettaglio:diffusa e puntuale. Le ispezioni diffuse coinvolgono l'estesa chilometrica dell'intera strada, vengono eseguite dal gruppo di controllo in macchina e con l'ausilio di dispositivi di localizzazione GPS e videocamere, mentre le ispezioni puntuali vengono eseguite in corrispondenza dei siti critici, con visite in loco ed analisi dettagliate.

L'analisi del gruppo di controllo è guidata da apposite *check list* che contengono gli elementi fondamentali da considerare ai fini della valutazione della sicurezza, soprattutto in fase di analisi di ispezione diffusa. Esse individuano caratteristiche geometriche e funzionali dell'infrastruttura e dell'ambiente circostante che devono essere valutate qualitativamente dal gruppo di esperti, assumendo la prospettiva dell'utente alla guida. Per meglio valutare le condizioni di sicurezza in fase di esercizio, anche in relazione ai fenomeni di interferenza con gli altri elementi del sistema, le schede prevedono strutture e informazioni diverse sia in relazione all'ambito territoriale e sia alla tipologia di strada. Le informazioni desunte dalle indagini diffuse e quelle locali contribuiscono alla classificazione della sicurezza e definizione di interventi di mitigazione da mettere in atto al fine di abbattere i fattori di rischio sull'infrastruttura.

Tali interventi possono afferire alla manutenzione ordinaria, prevedendo solitamente il ripristino delle caratteristiche funzionali di elementi appartenenti allo spazio urbano, o straordinaria, apportando notevoli mutamenti alla strada, oppure possono riguardare gli aspetti della gestione comunicazione. Gli interventi vengono organizzati in relazione al livello di priorità: è compito degli Enti provvedere alla loro realizzazione, per poi mettere in atto azioni di monitoraggio, fino a una nuova esecuzione dell'attività di analisi di sicurezza.

2.4.1.2 Riflessioni sulle analisi di Road Safety Review

I metodi classici concentrano la loro attenzione prevalentemente su un solo elemento del Sistema strada, mentre la nuova teoria della Safety Analisy è in grado di integrare i diversi

[27] Il costo sociale medio è un indicatore definito nello "Studio di valutazione dei costi sociali dell'incidentalità stradale,-Anno 2010", chiaramente richiamata dal D.Lgs n.35/11. (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2001 d)

approcci, traendo da ognuno importanti informazioni ai fini della caratterizzazione del livello di rischio di una infrastruttura. Con riferimento infatti alla pratica di Road Safety Review si può notare che la fase preliminare di analisi della rete attinge alle teorie classiche incidentali e di analisi geometrica dei tracciati, mentre nella fase di indagine attinge alle teorie di Design Consistency poiché cerca di correlare le caratteristiche del tracciato ai possibili comportamenti indotti dalle stesse sull'utente.

La metodologia di *Road Safety Review* rappresenta un innovativo approccio per l'abbattimento del fenomeno incidentale, in virtù di una prospettiva preventiva che viene messa in atto mediante l'analisi delle condizioni della strada utilizzando un punto di vista interno, proprio dell'utente integrato con la conoscenza specifica del tecnico.

Alla luce del valore strategico che le nuove tecnologie hanno dimostrato soprattutto nel campo del rilievo territoriale, e in relazione alla varietà di sensori disponibili che possono corrispondere al meglio alle esigenze conoscitive, è auspicabile un impiego di piattaforme Mobile Mapping System nella fase conoscitiva, considerata anche la loro elevata produttività e le scarse turbative procurate alle correnti di traffico. Inoltre reti di sensori sul territorio orientate al monitoraggio strutturale e dei flussi di traffico possono recare elevati benefici in termini di comprensione delle dinamiche territoriali legate alla mobilità.

Sulla base delle ispezioni e l'identificazione delle misure correttive più plausibili, si perviene ad una nuova classificazione finalizzata alla definizione delle priorità e alla loro attuazione. A conclusione della fase realizzativa un sistema di monitoraggio orientato alla valutazione dell'efficacia egli interventi consente di disporre di un quadro di riferimento dettagliato ed aggiornato sulle condizioni di sicurezza della rete stradale.

3 CAPITOLO - SMART MOBILITY: LA PROSPETTIVA DEL NUOVO SISTEMA STRADA

Nel Capitolo 3 viene introdotto il concetto di innovazione culturale e tecnologica legato al paradigma di *Smart City*, inteso come nuova concezione di spazio urbano collaborativo e connesso, con particolare riguardo alla sua declinazione nel settore della mobilità. A tal proposito l'analisi condotta porta ad individuare i principi che sottendono il nuovo modello e le leve su cui agire per raggiungere una condizione di Smart Mobility: il *Sistema strada* viene analizzato in tutte le sue componenti, alla luce del nuovo paradigma, alla ricerca degli elementi di cambiamento ed innovazione che possono essere inseriti nel sistema, al fine di ottenere i massimi benefici, ai fini del raggiungimento dell'obiettivo della sicurezza stradale.

3.1 Futuro prossimo nel concetto di Smart City

Possono le nostre città sostenere la pressione di agenti ambientali, antropici, culturali, che giorno dopo giorno modificano il paesaggio e generano esternalità negative, abbattendo la qualità della vita per i cittadini? Ad oggi esse ospitano più della metà della popolazione mondiale e la tendenza prevista per i prossimi decenni non è incoraggiante: l'attuale modello di città non sarà in grado di corrispondere ai bisogni delle generazioni future. La condizione attuale si caratterizza molto spesso per disservizi per i cittadini, traffico, inquinamento, sprechi energetici, insicurezza che non fanno altro che aggravare una condizione di insoddisfazione che affligge molte realtà urbane. Come osservato da Fistola e La Rocca, (Fistola R. , La Rocca R.A.,2013) la crisi del sistema urbano parte dalla città, ed è dalle città che dovranno emergere nuove soluzioni, in quanto da un lato esse sono un concentrato di consumi e dispendi di energie e risorse, mentre dall'altro ospitano attività di eccellenza, ricerca e sperimentazione.

Sta maturando infatti una nuovo modello di città, "Smart City", che non si limita all'organizzazione territoriale in servizi ed infrastrutture finalizzate al soddisfacimento di necessità in maniera settoriale e top down, ma introduce una concezione di spazio urbano vivo, collaborativo ed integrato nei suoi vari aspetti, che vede in un sistema olistico ed articolato la risposta alle esigenze dei cittadini, in un'ottica di tutela ambientale, sviluppo sostenibile e innalzamento degli standard qualitativi di vita. La sfida del cambiamento vede la città come teatro dell'innovazione, verso la realizzazione di stili di vita e modelli organizzativi più sostenibili e condivisi, resi efficienti e reali dalle nuove tecnologie e da nuovi cittadini.

Diversi autori si sono confrontati con la sfida di fornire una definizione esaustiva al concetto di Smart City: per Carlo Ratti, uno dei primi filantropi del tema, ha inizialmente fornito tale definizione:

> *Una città può dirsi intelligente se è tecnologica ed interconnessa, pulita, attrattiva, rassicurante, efficiente, aperta, collaborativa, creativa, digitale e green.* (Ratti C., 2013a).

Tale definizione mette in evidenza i concetti fondamentali di integrazione delle informazioni e dei servizi, e l'importanza che le nuove tecnologie, in primis la rete, rivestono ai fini della realizzazione di un nuovo modello di città. Lo stesso autore, in una recente pubblicazione, offre una definizione più esaustiva:

> *Smart cities: atomi e bit si integrano e creano nuove possibilità. Infrastrutture complesse a larga scala diventano fonti infinite di dati: consumo energetico, rifiuti, mobilità, assistenza sanitaria, istruzione. Tecnologie, reti di sensori, banche dati aperte e accessi informativi diffusi. Le città diventano consapevoli e intelligenti.*
>
> *Ma anche le città devono avere un'anima; per questo palazzi e servizi smart hanno bisogno di smart citizens, «cittadini attivi». Una città intelligente non è fatta di persone che si limitano a rispondere a input, ma di cittadini che rivestono un ruolo fondamentale: quello di protagonisti del processo di raccolta e condivisione dei dati. I cittadini connessi sono il motore del cambiamento urbano nelle città del futuro.* (Ratti C., 2013 b)

Emerge l'importanza delle informazioni strutturate su due livelli al fine di rappresentare il territorio e le sue dinamiche attraverso una componente descrittiva della città, nelle sue caratteristiche fisiche e antropiche, sulla quale si impernia un meccanismo di Sensing, realizzato da una epidermide di sensori sparsi sul territorio in grado di cogliere il mutamento, integrati con le comunità di Smart citizen, i quali, nella nuova ottica di città bottom up, diventano anch'essi

"sensori antropici" che si muovono sul territorio, capaci di descrivere il loro modo di vivere la città. Il contributo delle ICT risiede anche nell'aver dato ai cittadini gli strumenti, attraverso internet e i device personali connessi, e la possibilità di esprimere il loro punto di vista e creare un modello di città aderente alle loro esigenze, più veloce e funzionale.

Infatti le nuove tecnologie e soprattutto la rete Intenet, lo stesso strumento che secondo le previsioni degli anni 90 avrebbe dovuto distruggere le città, conferiscono nuova forza all'organismo urbano: i flussi dati sposano i volumi fisici assumendo un ruolo complementare , come ritenuto da diversi autori:

> *L'intuizione del ruolo complementare più che sostitutivo delle nuove tecnologie nello svolgimento della attività urbane a più livelli (economico, sociale, fisico) sembra caratterizzare il concetto emergente di Smart City dove abitanti ed utilizzatori della città assumono un ruolo attivo in qualità sia di "rilevatori" che di "diffusori" di dati ed informazioni* (Fistola R.,2013).

E' evidente il ruolo strategico delle ICT, delle nuove risorse tecnologiche disponibili nei settori delle comunicazioni ed e dell'ingegneria, in grado di rendere "sensibile" la città e utilizzare in maniera strutturata il patrimonio informativo derivante dal continuo flusso di dati; ma la rivoluzione preponderante è legata al mutamento culturale che invita alla cooperazione cittadini ed Enti territoriali per una nuova governance, e promuove la condivisione di informazioni per il raggiungimento di una gestione intelligente della città.

L'innovazione nel concetto di Smart City si materializza sia attraverso la nuova visione olistica dell'organismo urbano, e sia mediante il pervasivo apporto tecnologico, strumenti che rendono efficace il nuovo modello di città fondato sull'efficienza e sulla condivisione per mezzo dell'informazione finalizzato ad innalzare la qualità della vita dei suoi abitanti, attuando una rivoluzione nel concetto di spazi urbano: la città diventa uno spazio vivo, capace di comunicare con i soggetti e gli oggetti che la popolano, attraverso una rete di sensori fluttuanti nel nuovo dominio fisico che è la rete internet.

Altro fattore innovativo risiede nel ruolo assunto dai cittadini, anche nei processi di governance territoriale, grazie a strumenti di partecipazione di matrice Wiki. Stante la complessità dell'organismo urbano e l'approccio integrato nella creazione di nuove informazioni, la Smart City risulta "un sistema di sistemi" che deve essere affrontato con approccio olistico. Infatti attraverso la riorganizzazione di filiere e processi di gestione, come in un unico organismo si tende al raggiungimento di una nuova entropia sistemica che genera, ad ogni mutamento delle variabili di stato, ovvero le esigenze manifeste del sistema città, un nuovo equilibrio tra domanda e offerta.

Una Smart City alimenta i suoi meccanismi sfruttando il potenziale informativo in parte disponibile come basi di conoscenza pregresse, in parte generato dalle attività quotidiane dei suoi cittadini: dispositivi mobili personali, nuove tecnologie per l'analisi e l'acquisizione di dati alimentano strumenti fondati sulla capacità di resilienza dell'organismo urbano così che tenda al soddisfacimento delle emergenze cittadine. Gli strumenti basilari di tale paradigma vanno ricercati quindi nella disponibilità, analisi e strutturazione di dati ed informazioni, nella mappatura delle reali esigenze del territorio mediante processi di partecipazione multiattoriale a diversi livelli di coinvolgimento sui diversi settori, e il solido sostegno tecnologico che la rivoluzione degli ultimi 10 anni ha reso una strategica risorsa.

3.1.1 CITTÀ INTELLIGENTI DEL 20/20/20

In Europa la maggior parte delle città è caratterizzata da alta densità di popolazione che vive in centri urbani dalle dimensioni e caratteristiche molto eterogenee: esse sono nodi nevralgici sia per la vita economica, culturale e produttiva di un Paese, e contemporaneamente, mediante servizi ed attività, sono centri di attrazione per gli stessi cittadini che la vivono. In ragione di tale funzione esse sono anche accentratrici di maggiori consumi energetici ed emissioni di gas serra, dato confermato dall'UE che attribuisce alle città la responsabilità del 70-80% delle emissioni di CO_2 e valori analoghi riguardo al consumo energetico. Le attività antropiche che maggiormente influenzano tale situazione sono quelle dell'edilizia e dei trasporti.

Il modello di città su cui l'UE scommette per il domani e sostiene attivamente tramite diverse iniziative è il modello della "Smart City". Questo modello di città prevede l'applicazione di soluzioni innovative in diversi settori come la mobilità, la sicurezza, l'urbanistica, la gestione delle risorse, l'economia della conoscenza ecc. al fine di garantire uno sviluppo economico sostenibile e duraturo in un ambiente che offra una buona qualità di vita ai cittadini. Mentre la richiesta di energia è fortemente influenzata da fattori quali le condizioni climatiche, la morfologia urbana, le caratteristiche costruttive degli edifici, le attività economiche presenti e non meno importante le abitudini culturali dei cittadini, il settore dei trasporti e la domanda di energia ad esso connessa risente particolarmente delle caratteristiche specifiche della città, soprattutto per quanto concerne le scelte urbanistiche. Città caratterizzate da una maggiore densità urbana, che presentano cioè un assetto abbastanza compatto, genererà un tenore inferiore di emissioni e avrà bisogno di meno energia; la Figura 30 conferma tale tendenza, mettendo in evidenza come, una città molto densa come Hong Kong, caratterizzata da un valore di densità abitativa superiore ai 300 abitanti per ettaro, presenti un consumo che si attesta intorno allo 0.1 tonnellate in olio equivalenti per anno per abitante.

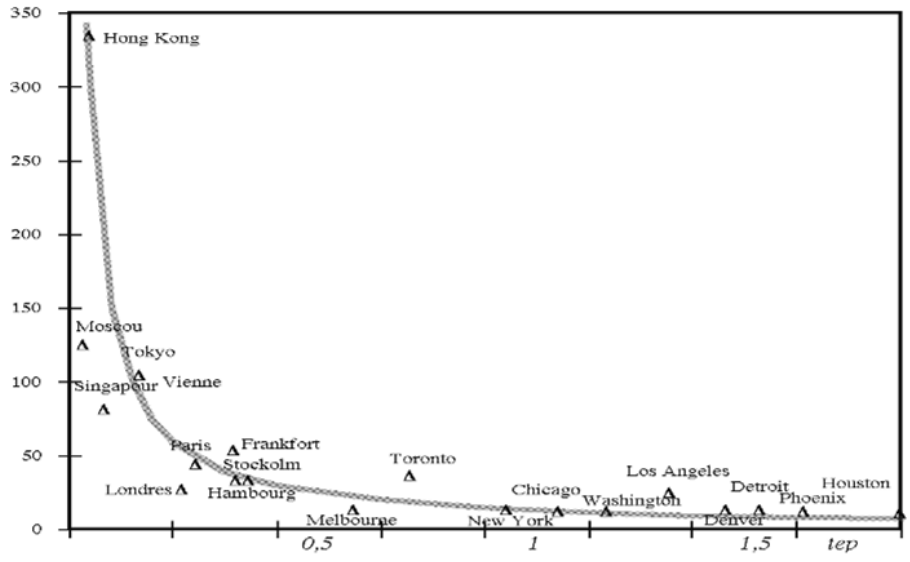


Figura 30:Relazione tra densità urbana e consumi energetici nel settore dei trasporti. Tonnellate equivalenti petrolio vs densità popolazione in area urbana, De Olivera Fernandez E. et al., 2011

Come sostenuto infatti da diversi studi europei in materia (De Olivera Fernandez E. et al., 2011), risulta in genere che le città più compatte siano più efficienti per quanto riguarda i consumi energetici nel trasporto perché le distanze da percorrere sono mediamente inferiori e risulta facilitata la messa in funzione e l'impiego di mezzi di trasporti collettivo. Tale risvolto è del tutto

trasponibile al settore della sicurezza stradale: scelte legate ai processi di pianificazione urbana alterano la domanda di mobilità, condizionando le dinamiche di circolazione delle persone così da variare l'esposizione al rischio degli utenti; va inoltre considerato che la morfologia dei luoghi influenza fortemente la disponibilità di alcune modalità di trasporto come quella pedonale o ciclabile.

E' con riferimento ai temi dell'energia infatti che il concetto di Smart City trova le sue radici: esse rappresentano il modello di città votata all'innovazione che può agevolare la transizione verso un modello di città *Low Carbon*, grazie ad una nuova visione sinergica di strutture e servizi. L'iniziativa capostipite sui temi dell'energia, proposta dall'UE, è stato il "Pacchetto clima-energia[28]" (Commissione Europea, 2008 a) con il quale l'Europa si pone sostanzialmente 3 obiettivi per il 2020:

- ridurre del 20% le emissioni di gas a effetto serra rispetto ai livelli del 1990;
- ridurre i consumi energetici del 20% aumentando l'efficienza;
- aumentare al 20% il consumo di energia da fonti rinnovabili.

Per il settore dei trasporti prevede un importante cambiamento legato ad una maggiore produzione di biocarburanti, (almeno il 10% entro il 2020). Obiettivi più ambiziosi sono rivolti al 2050, anno in cui si punta ad azzerare le emissioni di CO2 con l'obiettivo della decarbonizzazione del sistema energetico, verso lo sviluppo di una società low carbon.

Per perseguire l'obiettivo di una mobilità più sostenibile e sicura è necessario quindi cambiare il modo in cui le persone si spostano, promuovendo modalità di trasporto collettive, sistemi a basso impatto ambientale e l'impiego di ITC come strumento per una nuova organizzazione e gestione della domanda di mobilità. E' necessario promuovere un nuovo stile di vita, una nuova cultura della Mobilità in linea con i principi contenuti nel "Libro Verde: Verso una nuova cultura della mobilità urbana", che traccia in maniera più definita le azioni necessarie a raggiungere, anche in materia di trasporti, gli obiettivi richiamai dalla UE sia in materia di sostenibilità e sia di sicurezza, al fine di rendere Smart il modo in cui persone e merci si muovono.

Il progetto *Smart Cities and Communities* [29]lanciato dalla Comunità Europea nel giugno 2011 rappresenta una iniziativa che mira ad accelerare la diffusione dei temi dell'*Energy 2020* [30]*- A strategy for competitive, sustainable and secure energy*, che vuole favorire la diffusione a larga scala di tecnologie innovative a basse emissioni. Il progetto mira a favorire la condivisione di best practices a livello internazionale, al fine di creare una nuova visione di città, favorendo e sostenendo in questo compito le amministrazioni, con lo scopo di creare una rete di trenta Smart Cities entro il 2020. Tale rete vuole essere un progetto pilota che rappresenta un nuovo modello di progettazione e gestione urbana ad elevata efficienza e funzionalità, attenta ai temi della sostenibilità declinata nei diversi settori e realizzata attraverso un adeguato impiego di ICT. La prova che le città candidate devono superare è quella di perseguire gli obiettivi dell'Unione Europea attraverso un nuovo approccio in materia di energia e clima: da tali prototipi virtuosi nasceranno le città del futuro. Il piano sottolinea l'importanza del settore dei trasporti in questa

[28] Il pacchetto clima-energia è stato adottato da 27 Stati membri il 12 dicembre 2008, dal Parlamento europeo il 17 dicembre 2008 e, infine, dal Consiglio dell'Unione europea il 6 Aprile 2009.
[29] Commissione Europea, (2011 a). *"Smart Cities and Communities"*
http://ec.europa.eu/eip/smartcities/
[30] Commisione Europea, (2010). *"Energy 2020 - A strategy for competitive, sustainable and secure energy".*
http://ec.europa.eu/energy/strategies/2010/2020_en.htm

prospettiva poiché esso è un ambito fondamentale per il risparmio energetico dipendendo fortemente dai combustibili fossili e presentando rapidi livelli di crescita in termini di consumo.

3.1.2 FATTORI DELL'INTELLIGENZA NELLE CITTÀ

Il concetto di "Smart City" racchiude come caratteristica principale la capacità di innalzare la qualità della vita nel rispetto dell'ambiente attuando una rivoluzione nella concezione dello spazio urbano, specialmente attraverso la progettazione e la realizzazione di servizi innovativi basati su ICT, coadiuvati da eventuali interventi strutturali sull'ambiente fisico. Attraverso la riorganizzazione di filiere e processi di gestione all'insegna di un nuovo approccio olistico che vede la città come uno spazio vivo, capace di comunicare con i soggetti che la popolano sfruttando una epidermide di sensori fluttuanti in un nuovo dominio fisico che è la rete internet, si tende al raggiungimento di una nuova entropia sistemica che genera, ad ogni mutamento delle variabili di stato, ovvero le esigenze manifeste del sistema città, un nuovo equilibrio tra domanda e offerta.

I settori prioritari necessari ad un netto miglioramento della qualità della vita per i cittadini, obiettivo primario di una Smart City intesa come "sistema di sistemi", sono stati riconducibili secondo lo studio *European Smart City*[31] (Giffinger R. et al.,(2007) condotto dal Politecnico di Vienna in sei categorie:

Smart Economy

Le attività economiche in una Smart City sono orientate alla competitività in termini di innovazione tecnologica e non, imprenditorialità, produttività, flessibilità del mercato e del lavoro, fautrici di innovazione e cambiamento. Tale condizione è favorita da un ambiente orientato all'innovazione, dove si privilegia la costruzione di network interconnesse tra loro piuttosto che un approccio top down, al fine di favorire interazione e condivisione di conoscenze.

Smart People

La nuova veste dei cittadini è il motore del muovo paradigma urbano: il capitale umano diventa centrale anche al fine di sostenere lo sviluppo delle altre dimensioni della città intelligente. Basta pensare che tutti i settori sono trainati da persone che ne influenzano le tendenze e i risultati attraverso le proprie capacità, e a maggior ragione il fattore umano diventa essenziale nei processi di governance. Altri elementi che aggiungono intelligenza ad una città riguardano il numero e la qualità delle interazioni sociali, ai fini di acquisire coesione e apertura sociale.

Smart Governance

Elemento alla base di una governance "smart" è la partecipazione ai processi decisionali nonché alla vita politica da parte dei cittadini. L'amministrazione intelligente sfrutta i nuovi canali di comunicazione per arrivare ai cittadini, per migliorare i processi democratici, come l'e-governance.

Smart Mobility

La mobilità in una città intelligente è agevole, dispone di un organizzato sistema di trasporto pubblico innovativo e sostenibile, promuove l'uso dei mezzi a basso impatto ambientale ed alta efficienza energetica come i veicoli elettrici, ecologici come la bicicletta, regolamenta l'accesso ai

[31] Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Kalasek R., Pichler-Milanovic N., (2007) E. "Smart cities – Ranking of European medium-sized cities". http://www.smart-cities.eu/.

centri storici privilegiandone la vivibilità (aree pedonalizzate); adotta soluzioni avanzate di mobility management e di infomobilità[32] sfruttando le tecnologie dell'ICT per gestire gli spostamenti quotidiani dei cittadini e gli scambi con le aree limitrofe al fine di garantire la piena accessibilità locale ed extra-locale a chi si sposta.

Smart Environment

L'ambiente in una Smart City è gestito in modo sostenibile, orientato alla protezione e tutela del patrimonio naturale. Aspetti particolarmente rilevanti sono la gestione dei rifiuti, emissioni gas serra, del verde urbano, consumo di suolo, bonifica delle aree dismesse e tante altre questioni che possono influire sulla sfera ambientale.

Smart Living

In una Smart City la qualità della vita è garantita da una serie di elementi quali la salute, la sicurezza, la qualità dell'abitato nonché dalla vivibilità degli spazi urbani e non, l'istruzione, la cultura, l'attrattività turistica e la coesione sociale.

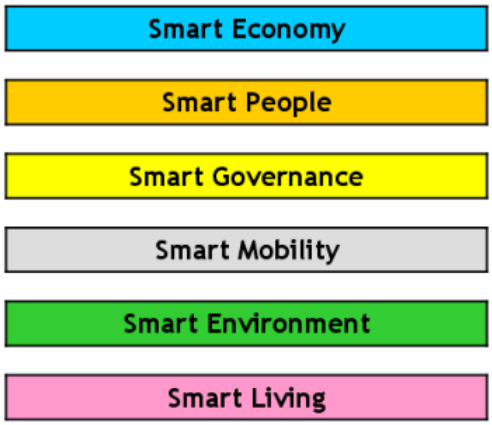


Figura 31Classifica dei settori Smart City, Giffinger R. et al.,2007

3.1.2.1 Misura dell'intelligenza

Lo scopo dello studio è quello di fornire dei *tool* , come sostenuto da altri autori, (Vianello M., 2012), ovvero un insieme di criteri, per valutare il grado di intelligenza di una città e definire strategie di intervento per fare di uno spazio urbano un nuovo prototipo intelligente, in grado di innalzare le qualità della vita dei cittadini e offrire anche nuove possibilità di crescita. Tali criteri infatti non si limitano a quantificare il livello di tecnologie presente nella realtà urbana, ma mirano a definire quali aspetti ritenere fondamentali per un nuovo modello di città, sede di innovazione e sviluppo. Non a caso infatti la Smart City assume plurime valenze, essa è definita da De Biase come una "piattaforma", collettore di diverse conoscenze e punto di confronto tra diversi attori che con la loro interazione generano nuovi beni e servizi, fondamentali per una migliore qualità della vita:

> *La città è una piattaforma. Qui si sviluppano le mille attività della vita quotidiana, le conversazioni tra le persone, le imprese le istituzioni che governano la convivenza, le*

[32] Infomobilità (in inglese infomobility) indicano "tutte le procedure, sistemi e strumenti basati sull'ITS (Intelligent Transport System) che permettono di migliorare la mobilità di persone e merci grazie alla raccolta, elaborazione e distribuzione di informazioni" da D'Agostino C., Distefano N., Leonardi S.,(2010)

organizzazioni della formazione, della ricerca, della sanità, dell'uso dell'energia. Se la piattaforma è aperta e se gli elementi sono connessi, se le informazioni sono disponibili, la tecnologia è efficiente, la fioritura di iniziative e innovazioni supera le più ambiziose fantasie dei progettisti: succede nelle città come succede nel web. (De Biase L. , 2013).

Uno dei primi strumenti realizzati per valutare il grado di intelligenza di una città è opera dei ricercatori del Politecnico di Vienna: essi hanno individuato per le sei dimensioni 31 fattori e 74 indicatori, che permettono di valutare globalmente il livello di "smartness" di una città.

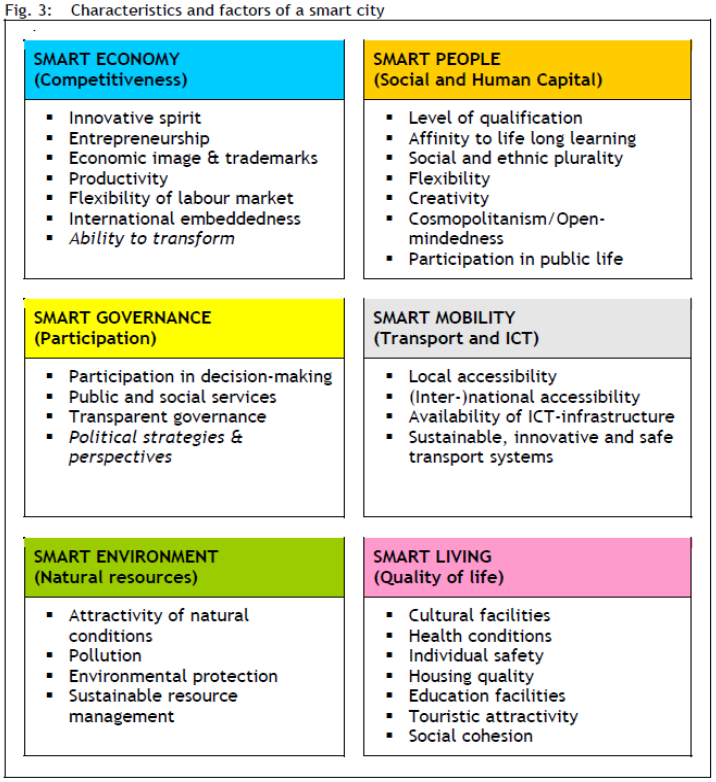


Figura 32:I fattori dell'intelligenza della città, Giffinger R. et al. 2007

Recentemente è stato proposto un nuovo strumento di ranking, lo "Smart City Wheel[33]" (Cohen B., 2013), che contiene i sei settori principali della Smart City, articolati ognuno in tre aspetti più rappresentativi del settore specifico e necessari al raggiungimento dell'obiettivo di "smartness"; sulla base di tali considerazioni vengono realizzati degli indicatori atti a quantificare il livello di innovazione proprio della città.

[33]Lo strumento Smart City Wheel è stato introdotto da Cohen in (Cohen B., 2013), The Top 10 Smartest European Cities. http://www.fastcoexist.com/1680856/the-top-10-smartest-european-cities#3.

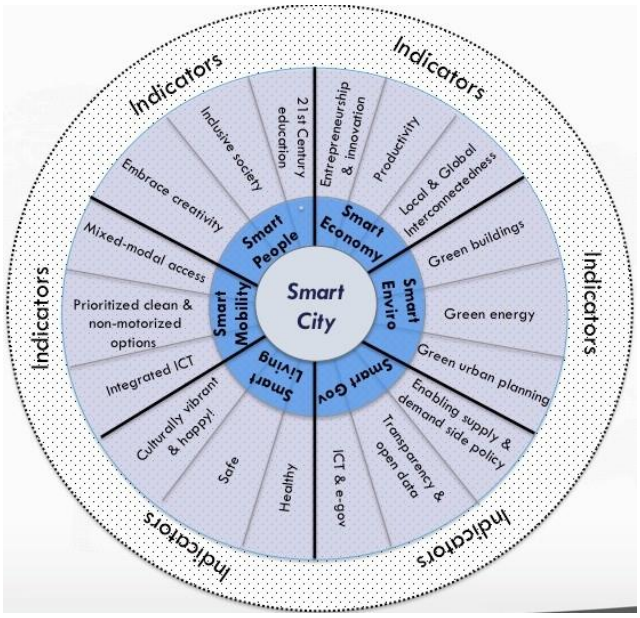


Figura 33:Smart City Wheel, Cohen B., 2013

Concentrando l'attenzione sul tema della Smart Mobility, emerge dall'analisi dei due strumenti, l'importanza attribuita ai sistemi ICT da entrambe le classifiche e alla sostenibilità, eletti elementi necessari per il cambiamento. Per quanto riguarda la gestione della mobilità la classifica del Politecnico di Vienna mette in evidenza importanti aspetti come l'accessibilità territoriale sia a livello locale e sia internazionale, e ponendo poi l'accento su aspetti quali la sicurezza e l'innovazione; la Smart City Wheel comprende invece tra i parametri fondamentali solo l'intermodalità, finalizzata all'ottimizzazione del patrimonio esistente e indirettamente legato alla sicurezza mediante il parametro della domanda di mobilità.

Diversi studi identificano nelle città di media dimensione, con una popolazione tra i 100 000 e i 500 000 abitanti la realtà ideale per una Smart City, poiché centri a misura d'uomo che presentano un certo grado di flessibilità e dinamicità; esse talvolta sono oscurate dai grandi centri urbani che offrono grandi possibilità ai propri cittadini, pagando talvolta in termini di stress la propria scelta.

3.1.2.2 Classifica delle Smart Cities in Europa

Sulla base degli indicatori prodotti, i ricercatori del Politecnico di Vienna, in collaborazione con l'Università di Lubiana ed il Politecnico di Delft hanno messo a confronto un campione di 70 città europee per individuare quelle che rispondono ai criteri di una Smart City (Giffinger R. et al., 2007).

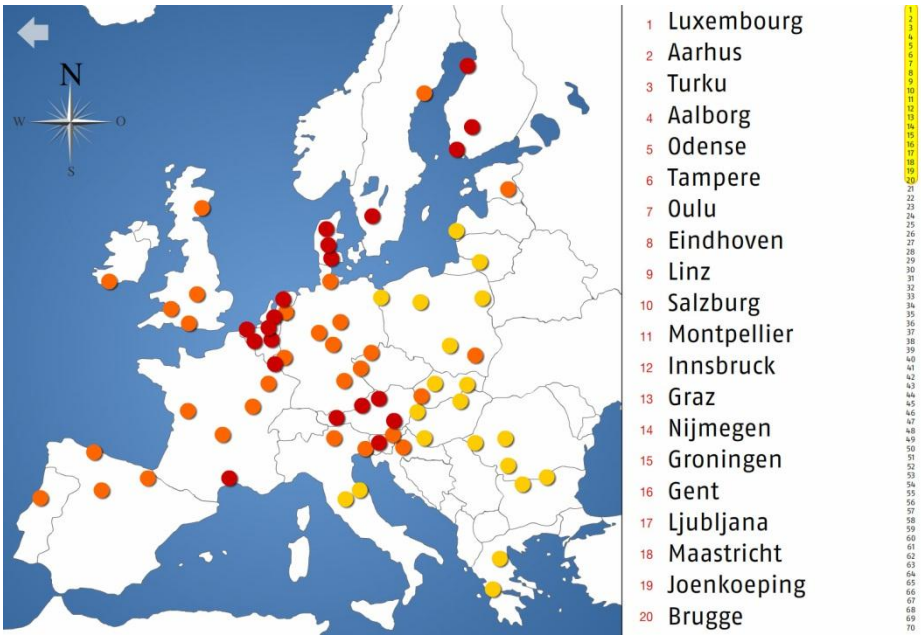


Figura 34:Classifica delle Smart Cities, Giffinger R. et al.,2007

Tale studio fotografa la condizione sul finire del 2007, ove il primo posto è occupato dal Lussemburgo, seguono Aarhus (Danimarca), Turku (Finlandia), Aalburg (Danimarca) e Odense (Danimarca). Il gruppo di città europee più "smart" si identifica tra le città danesi e finlandesi, mentre in coda alla classifica si trovano città appartenenti ai nuovi stati entrati di recente nella UE, tra cui Bulgaria, Romania, Lituania, Ungheria e Polonia. Tra le città Italiane in classifica si sono posizionate dal 45° posto con Trento, seguita da Trieste al 49° posto, Ancona al 51° posto e Perugia al 52° posto.

Per quanto concerne il solo settore della Smart Mobility sono le città olandesi ad occupare i primi quattro posti mentre le città Italiane si posizionano dal 65° posto in poi con Trento, seguita da Perugia al 66° posto, Trieste al 67° posto e Ancona al 68° posto. La classifica è importante soprattutto per individuare i punti di debolezza e di forza nei settori chiave della città, in modo da programmare e mettere in atto nuove strategie per accrescere il proprio grado di intelligenza e raggiungere una maggiore efficienza urbana.

3.1.3 CITTÀ INTELLIGENTE E I SUOI NUOVI COMPONENTI

Secondo la definizione del prof. Giffinger, (capoprogetto Smart Cities del politecnico di Vienna, la Smart City è:

> *Una città di media grandezza viene considerata una smart city quando, basandosi sulla combinazione tra i dati di fatto locali e le attività realizzate da parte dei politici, dell'economia e degli abitanti stessi, presenta uno sviluppo duraturo nel tempo, delle sei dimensione"* (Giffinger R, et al., 2007)

Una città è intelligente quando è in grado, attraverso politiche concrete e lungimiranti, di innalzare la qualità della vita dei suoi cittadini, agendo direttamente sulle leve della mobilità, dell'economia, dell'ambiente, della socialità e comunità. Attraverso la gestione olistica di questi aspetti è possibile pervenire ad un miglioramento globalizzato che coinvolge tutto il nuovo modello urbano integrato, con evidenti benefici in termini ambientali, energetici, sostenibili ed economici: fattori come la collaborazione, la cultura e la partecipazione diventano importanti quanto il contenuto tecnologico. Emerge l'importanza attribuita al capitale umano e sociale,

come un fattore fondamentale per la crescita e lo sviluppo di un nuovo modello urbano fondato sull'interazione e l'integrazione: lo sviluppo di una città è sempre più influenzato non solo dalla dotazione di infrastrutture materiali (capitale fisico), ma anche dalla disponibilità e qualità della comunicazione delle conoscenze e delle infrastrutture sociali (capitale umano e sociale). La vera intelligenza, il fattore innovativo consiste nell'equilibrio tra le due parti, quando "bit", "pensieri" e "mattoni" crescono sinergicamente in un approccio olistico, creando benefici per tutta la comunità. Secondo Vianello infatti

> *"La città intelligente è il luogo dove si utilizzano in modo sistematico ed organizzato i dati e la conoscenza generati dall'uso delle tecnologie I.C.T. Non è sufficiente utilizzare in modo smart i sensori e i tablet, è necessario saper valorizzare i dati generati dai sensori e dai tablet. Valorizzare i dati significa essere disponibili a condividerli per arricchirli attraverso un processo di generazione di "intelligenza collettiva".*

Nelle Smart City un ruolo centrale è svolto dalle tecnologie e dalle infrastrutture ICT in quanto strumenti strategici di gestione della città, in grado di raccogliere, di interconnettere e integrare dati ed informazioni per meglio comprendere i contesti urbani e rispondere e soddisfare i reali bisogni dei cittadini. Per IBM infatti

> *"città intelligente è una città in grado di gestire in modo integrato tutte le informazioni disponibili, così da elaborarle e ridistribuirle sul territorio tradotte in servizi di qualità e in un migliore governo del territorio stesso"* (Stentella M., 2010)[34] .

Le città intelligenti sono in grado di comprendere ed assimilare la dinamicità degli eventi legati al vivere quotidiano grazie ad un rete di sensori che attribuisce la percezione all'organismo urbano e l'intelligenza mediante tecnologie in grado di gestire l'enorme quantità di dati rilevati. Il valore innovativo consiste proprio nella connessione e integrazione tra le diverse fonti, al fine di creare nuovo potenziale informativo, necessario a comprendere la città e come essa viene vissuta nel suo complesso.

Secondo la visione di IBM *Smarter Town* (Stentella M., 2010) ,le città "non sono "intelligenti" ma "più intelligenti" perché tale caratteristica è già insita in esse, oggi si rende possibile la connessione e l'integrazione di dati ed informazioni, offrendo nuove soluzioni per corrispondere ai reali bisogni dei cittadini. Basta pensare alla mole di sensori ad oggi presenti nelle nostre città: smartphones, GPS, sensori di traffico, di variabili meteorologiche, energia, anche i cittadini medianti processi partecipativi o mediante i loro device personali diventano *Humans sensors* (Goodchild M., 2007): tutte queste fonti costituiscono un prezioso quadro conoscitivo, integrato tra i diversi attori e disponibile a diverse scale territoriali.

Il contributo delle ICT consiste nella raccolta, elaborazione e messa a disposizione di informazioni, per consentire e facilitare l'azione dei decisori , e per informare le semplice utenze delle dinamiche in atto al fine di favorire comportamenti più sostenibili e responsabili.

3.1.4 FATTORI DI INTELLIGENZA DELLA MOBILITÀ

Declinando il paradigma "Smart" alla Mobilità si comprende che l'obiettivo principale coincide con la garanzia di buone caratteristiche di sostenibilità, sicurezza e accessibilità attraverso l'ottimizzazione del patrimonio stradale esistente, prediligendo interventi immateriali, orientati

[34] Stentella M., (2010). Tecnologie "parlanti" e interconnesse: la visione "smarter town" di IBM, FORUM PA, marzo 2010.
http://saperi.forumpa.it/story/42449/tecnologie-parlanti-e-interconnesse-la-visione-smarter-town-di-ibm

alla gestione intelligente del patrimonio infrastrutturale, piuttosto che alla realizzazione di nuove opere. Per le esternalità ambientali e sociali legate ai suoi effetti, la sicurezza, ovvero la mancanza di adeguati standard atti a garantirla a tutti gli utenti della strada, rappresenta un elemento imprescindibile nell'ottica di una nuova visione di mobilità su strada.

La complessità del sistema stradale è una condizione nota, legata alle caratteristiche del sistema stesso, in quanto, a differenza di modalità di trasporto a guida vincolata, la corretta traiettoria del mezzo è completamente affidata all'equilibrio dei fattori ambiente, veicolo, strada, e soprattutto utente, sistema caratterizzato da profonda variabilità in relazione all' influenza reciproca delle componenti. Inoltre l'eterogeneità dei veicoli circolanti e il forte carattere aleatorio legato al fattore umano non fanno altro che accrescere il grado di complessità del problema: è' evidente come il sistema complesso stradale vada studiato con approccio olistico, ereditato dal paradigma di Smart City.

L'intelligenza quindi non può essere attribuita ad un fattore primario, ma deve risiedere nell'interazione dei diversi elementi che influenzano il Sistema strada in regime di equilibrio dinamico la cui esistenza è affidata alla resilienza stessa del sistema.

Il concetto di *resilienza* nasce in campo ecologico per definire :

> *"la capacità di un sistema di assorbire un disturbo e di riorganizzarsi mentre ha luogo il cambiamento, in modo tale da mantenere ancora essenzialmente le stesse funzioni, la stessa struttura, identità e feedback"* (Walker B. et al., 2004)

Secondo tale definizione la prerogativa del sistema resiliente è quella di essere in grado di evolvere in diversi stadi da quello di partenza per sollecitazione garantendo il mantenimento delle funzioni e le strutture del sistema.

Trasponendo tale definizione al S*istema strada* emerge che l'intelligenza deve contemplare la caratteristica di assorbire eventi impulsivi, come possono essere improvvisi cambiamenti nella domanda di mobilità, legati anche ad eventi incidentali, o disporre di dispositivi che possano assorbire gli effetti di un evento inaspettato senza creare ripercussioni tropo nocive sul sistema globale di mobilità al fine del raggiungimento di una nuova condizione di stabilità.

Tale caratteristica si fonda da un lato su una buona integrazione e sinergia dei tre elementi principali del sistema *uomo-veicolo-strada* che si traduce quindi in un meccanismo di compensazione di eventuali variazioni di stato, e inevitabilmente su una profonda conoscenza delle condizioni e delle dinamiche legate alla mobilità. Allo stesso modo la necessità di un approccio olistico al problema è avvalorato dalla teoria omeostatica, trattata in diversi studi presenti in letteratura e richiamata al Capitolo 2. Secondo tale teoria infatti l'intervento esclusivo su uno dei tre fattori principali del sistema strada ai fini della sicurezza genera irrimediabilmente effetti negativi sugli altri: ad esempio dotando un veicolo di sistemi di controllo a bordo , l'utente può modificare il suo comportamento di guida, favorendo comportamenti più sconsiderati, confidando sul funzionamento del dispositivo (Bekiaris E., Wiethoff M., Gaitanidou E., 2011). La teoria omeostatica ai fini dell'abbattimento del rischio sulla strada identifica come misure più efficaci quelle che prendono in considerazione la triade di fattori e ne considerano i legami di connessione.

Dalle precedenti considerazioni si evince che le misure più efficaci ai fini dell'abbattimento del fattori di rischio sulla strada (sia mediante azioni dirette o grazie la capacità di auto adattamento), siano quelle che prendono in considerazione la triade di fattori del Sistema strada

e ne considerino i legami di connessione, al fine di individuare in un'ottica preventiva, le azioni di mitigazione più efficaci.

Il primo presupposto affinché l'intelligenza permei la modalità di trasporto su gomma è la realizzazione di una consistente base conoscitiva necessaria alla caratterizzazione dell'infrastruttura fisica, delle condizioni in esercizio e delle reali esigenze del bacino delle utenze, soprattutto adottando un'ottica di analisi multiattoriale. Analizzando questo approccio nell'ottica della sicurezza stradale è evidente che la conoscenza delle condizioni infrastrutturali ed ambientali gioca un ruolo molto importante: da un lato consente di individuare le aree di azione prioritaria su cui insistono cause di innesco di situazioni incidentali, provvedendo quindi alla loro mitigazione, dall'altro consente di informare gli utenti di eventuali criticità presenti sul tracciato che si accingono a percorrere.

Nei paragrafi seguenti si conduce l'analisi delle caratteristiche proprie di ogni elemento del sistema strada per definirne il rispettivo contributo intelligenza e le relazioni che si stabiliscono tra le parti.

3.1.4.1 Quanta intelligenza c'è nella strada

La strada rappresenta il contesto fisico più prossimo al veicolo e all'utente: essa è in grado di esercitare una indiscutibile influenza su entrambi i fattori e risultare determinante nell'innesco di condizioni di potenziale rischio, anche in maniera indiretta. Inoltre, in un'ottica di mobilità intelligente e sicura, i fattori di inserimento ambientale e protezione dai fattori esogeni, che possono interferire con le normali condizioni di percorribilità della strada, devono essere considerate in fase di progettazione ed esercizio dell'infrastruttura.

Essendo l'elemento strada al centro di tale sistema è una necessità primaria acquisirne una conoscenza dettagliata, in modo da porre in essere le dovute precauzioni, che presentano un livello di efficacia molto elevato poiché l'azione è rivolta alla sola infrastruttura con benefici su tutto il parco veicoli circolante.

A partire da tali considerazioni è necessario analizzare i fattori che attribuiscono "intelligenza" all'infrastruttura o possono essere oggetto d'innovazione all'interno di questa nuova ottica fondata sull'interazione dei tre elementi principali del sistema ai fini della sicurezza.

Self Explanatory Road

L'analisi di alcuni concetti che afferiscono al nuovo paradigma di sicurezza stradale ha reso evidente che un approccio limitato ad un solo campo di intervento risulta sterile ai fini della risoluzione di un problema complesso come la Safety. Già a livello progettuale infatti è necessario considerare le relazioni che si instaurano in esercizio tra strada e altri elementi del sistema: rispetto all'utente essa esercita l'importante funzione di "guida" suggerendogli il corretto comportamento in termini di velocità e traiettorie da tenere. Attualmente tale concetto è embrionalmente contenuto nelle norme di progettazione stradale (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2001 b), attraverso i concetti di "influenza del fattore umano" e "concetto di percezione del tracciato", segnando una pietra miliare nel processo di innovazione delle pratiche di progettazione.

Come sostenuto da diversi autori (Canale S., Leonardi S., 2010) l'utente adatta la sua condotta di guida in relazione alla sua percezione del tracciato stradale: buone condizioni di visibilità, coordinamento plano altimetrico e omogeneità dei messaggi ricevuti dal tracciato, commisurati

alla soglia di pericolo accettabile personale, fungono da limiti per l'esposizione al rischio di incidente da parte dell'utente alla guida. Attualmente tali aspetti sono regolati dalla norma mediante vincoli e criteri desunti da analisi di tipo statistico, da modelli comportamentali o legati alla dinamica del veicolo che con gli anni stanno accrescendo la loro obsolescenza, soprattutto se comparati ai grandi passi che la tecnologia sta compiendo nel settore dell'industria automobilistica e al cambiamento nell'approccio alla guida da parte degli utenti.

Accade molto spesso che condizioni accidentali che interferiscono sui legami tra strada e altri fattori del sistema, ad esempio condizioni psicofisiche dell'utente o variabili esogene che sfuggono ad un'analisi di tipo generale o malfunzionamenti del veicolo, possono far decadere l'azione di condizionamento esercitato dal tracciato. Tale fattore ha quindi una influenza marginale sul comportamento dell'utente e varia in relazione alle capacità percettive e all'esperienza.

A tal proposito l'intelligenza della strada deve essere in grado di sopperire a tale mancanza: il concetto di "Self Explanatory Road", ampliamente documentato in letteratura (Bekiaris E., Wiethoff M., Gaitanidou E., 2011), esprime la prerogativa di una strada ad essere conforme a determinati criteri ed accortezze progettuali tali da suscitare corrette percezioni e comportamenti da parte degli utenti, riducendo così alla fonte le probabilità di incidente.

Materialmente tale fattore di intelligenza, legato prettamente agli aspetti percettivi e comunicativi strada-veicolo-utente si realizza mediante una corretta progettazione del tracciato plano altimetrico e della sezione trasversale, introducendo come elemento centrale il fattore umano, ricorrendo anche a soluzioni di traffic calming, alla corretta predisposizione di segnaletica e sistemi di comunicazione infrastrutcture based come Pannelli a Messaggio Variabile e sistemi ausiliari di infomobility

Il contributo è quello di minimizzare l'insorgere di comportamenti scorretti nell'utente trasferendogli in maniera diretta o indiretta tutte le informazioni necessarie affinché sia cosciente delle manovre che dovrà operare nell'imminente; in questo aspetto può rivelarsi fondamentale l'approccio delle nuove tecnologie ITS, che possono consentire non solo lo scambio di informazione tra strada e centrale operativa, ma anche tra strada e veicolo.

Forgiving road

Un altro aspetto fondamentale che conferisce intelligenza alla strada è legato al concetto di resilienza espresso in precedenza ed è la capacità di "tollerare", cioè di essere in grado di assorbire e minimizzare gli effetti generati da un cattivo comportamento di guida dell'utente, attraverso alcuni accorgimenti progettuali, compositivi e strutturali, oltre che telematici. Tale caratteristica è denominata nella letteratura di settore (Bekiaris E., Wiethoff M., Gaitanidou E., 2011), come Forgiving Road, cioè definisce le caratteristiche di una strada costruita in modo tale da mitigare o bloccare gli effetti degli errori di guida, favorendo l'utente al reindirizzamento verso un comportamento regolare senza danni.

E' evidente che tale aspetto è focalizzato sulla relazione Strada- uomo, perché quest'ultimo molto spesso rappresenta l'anello debole del sistema, l'elemento a più spiccata variabilità: da analisi incidentali emerge che circa l'80% degli incidenti sono attribuibili ad errore umano. Per questo motivo gli aspetti che vanno considerati preliminarmente afferiscono alle cause di incidentalità attribuibili al conducente, al suo stato psicofisico e l'analisi comportamentale. In seconda battuta è possibile analizzare l'influenza di avarie nella componente veicolo e determinare le soluzioni sull'infrastruttura che possono al meglio colmare tali lacune.

Operativamente il concetto di Forgiving Road si traduce in una serie di misure realizzate in particolari tratti stradali in cui determinate condizioni di rischio si sono verificate, ed orientate da un lato ad abbattere la pericolosità, ovvero agire sulle cause che possono innescare un fenomeno critico, mentre dall'altro vanno a giocare sulla magnitudo, ovvero sulla gravità del danno atteso. Le soluzioni di mitigazione possono essere sia azioni strutturali (come ad esempio la realizzazione di aree e piazzole per dissipare la velocità in caso di sbandamento, predisposizione di particolari protezioni della corsia) o consistere in servizi telematici e di infomobility che fanno si che la funzionalità del sistema non venga totalmente compromessa (corsie stradali dedicate all'occorrenza, variazione di senso unici in tempo reale.)

Il contributo all'intelligenza del fattore strada consiste nel mettere in atto il concetto di resilienza ed adattabilità, senza compromettere le funzionalità del sistema, cercando di minimizzare le conseguenze di errori umani.

Diverse esperienze hanno dimostrato (Bekiaris E., Wiethoff M., Gaitanidou E., 2011) che l'impiego di efficaci combinazioni di nuove tecnologie e best practices consolidate sulle infrastrutture, al fine di migliorare le funzioni di "Forgiving" e "Self Explanatory " ha prodotto benefici in termini di mitigazione delle cause incidentali. Ad oggi tuttavia si è registrato uno scarso utilizzo di tali metodologie, anche perché il pervasivo impiego dei metodi classici e a scala aggregata dei metodi di analisi incidentale non rende possibile individuare con esattezza luoghi e cause di eventi critici, vanificando il contributo Smart di tali metodologie innovative.

3.1.4.2 Quanta intelligenza c'è nel veicolo

Ad oggi nel processo di gestione della sicurezza l'elemento veicolo è considerato solo marginalmente: in un'ottica obsoleta il suo contributo maggiore si riscontra in fase di progettazione quando viene chiamato in causa all'interno di modelli di cinematica e dinamica per stabilire i criteri costruttivi delle strade, ricorrendo il più delle volte a semplificazioni estreme, tipici di approcci teorici.

Negli ultimi 15 anni si è assistito ad una massiccia diffusione e crescita in campo tecnologico ed informatico, che ha invaso progressivamente tutti i settori della nostra vita: la mobilità, che rappresenta uno dei settori primari per lo sviluppo di un Paese, e accompagna le quotidiane attività di ognuno non poteva sottrarsi a tale epidemia.

Le case produttrici hanno immesso sul mercato veicoli sempre più affidabili e performanti, grazie anche ad accorgimenti mirati alla prevenzione e mitigazione di sinistri attraverso i notevoli progressi compiuti nei settori meccanici ed elettronici. Ad esempio il legame veicolo strada è ad oggi facilitato da sistemi di navigazione sia on board che consentono di terminare la presenza di ostacoli sullo spazio stradale o che si appoggiano a sistemi informativi esterni, basati su dettagliati quadri conoscitivi precedentemente acquisiti. Oltre agli aspetti di posizionamento, un altro segmento in grande ascesa riguarda i dispositivi on board che comunicano direttamente con l'utente e con la strada: sono infatti molteplici i dispositivi che vengono classificati come *Advances Driver Assistance System* e rappresentano la branca delle tecnologie ITS a bordo veicolo. Tali sistemi possono sia lasciare all'utente la libertà di decidere o possono agire direttamente sugli organi di manovra del veicolo efficaci per evitare situazioni critiche; i primi passi in questo settore, agendo sul rapporto strada veicolo sono stati i sistemi ABS, ovvero il sistema antibloccaggio delle ruote in fase di frenata, e ESP il sistema di controllo di stabilità in fase di sbandamento, che basano il loro funzionamento sul contatto fisico tra strada e pneumatico, risentendo quindi anche egli effetti del contesto ambientale.

Il panorama delle tecnologie ad oggi disponibili presenta tutti i requisiti per realizzare un sostanziale miglioramento sul versante della sicurezza stradale: sistemi intelligenti attivi e passivi a bordo veicolo in grado di condizionare il comportamento dell'utente possono rappresentare strumenti strategici per l'abbattimento del numero di vittime e per la riduzione della magnitudo degli incidenti. Bisogna riconoscere però che tale "fattore di intelligenza" sul veicolo non è in sufficiente a correggere tutti i possibili difetti comportamentali dell'utente, né tantomeno riuscire a prevedere tutte le variabili aleatorie e le reazioni ad esse collegate, che possono verificarsi lungo un itinerario.

3.1.4.3 Quanta intelligenza c'è nell'utente

L'influenza del fattore umano sul tema della sicurezza stradale è ad oggi uno degli argomenti di centrale interesse da parte di numerosi studi. L'utente alla guidai esercita il suo potere decisionale sul veicolo in relazione a quanto percepito dall'ambiente stradale, e in funzione delle sue capacità ed esperienza pregressa, in una condizione di continuo stimolo da parte dell'ambiente esterno e del veicolo che governa.

Il fattore Umano, secondo la definizione del comitato AIPCR (Autori AIPCR, 2010 a) è *"il contributo del conducente nella successione di eventi che conducono ad un incidente, derivante da una non corretta interazione con le caratteristiche della strada e dei suoi sistemi di controllo*". L'intelligenza che risiede in questa componente di sistema consiste in una adeguata elaborazione e gestione del "workload", come definito in (Autori AIPCR, 2010 a), ovvero

> *" il carico di lavoro che impegna il soggetto conducente in funzione del numero di informazioni trasmesse dall'ambiente circostante lungo la percorrenza di un itinerario […] che è causa di errori da "Fattore Umano" in quanto motivo di affaticamento mentale, che genera una riduzione delle capacità elaborative del guidatore".*

In questa ottica lo studio del fattore umano è orientato ad individuare l'influenza degli agenti esterni (strada e ambiente) e il grado di interazione con il veicolo oltre i quali il soggetto psicologicamente e fisiologicamente normale presenta difficoltà di gestione in sicurezza. Emerge la necessità di un approccio integrato allo studio di questa componente al fine di mettere in luce le dinamiche di interferenza tra la componente umana e gli altri fattori esterni del sistema.

I fattori che possono contribuire ad aumentare l'intelligenza dell' *Human Factor* sono orientati alla mitigazione e abbattimento di comportamenti errati nell'utente, quindi emerge l'importanza della caratteristica di Self Explanatory Road, che negli ultimi anni sta inserendosi nei processi di progettazione stradale (Theeuwes,J. Godthelp,J. , 1992) e quindi influenzano la relazione uomo strada ambiente e si fanno spazio in questo panorama anche i sistemi di guida assistita on board possano correggere comportamenti scorretti dell'utente in fase pre incidentale.

3.1.4.4 Quanta intelligenza c'è nell'ambiente

L'ambiente stradale rappresenta la scala più vasta di indagine del sistema: oltre all'estensione fisica più ampia si differenzia dagli altri elementi, che presentano una natura strutturale più circoscritta, anche per l'eterogeneità che racchiude. Caratteristiche fisiche, geografiche e morfologiche, ma anche fattori meteo climatici, condizioni idrogeologiche e sismiche afferiscono a questo elemento. L'ambiente classifica anche il tipo di ambito, se urbano o extraurbano, la presenza di insediamenti urbani: esso consente essenzialmente una prima divisione tra i possibili scenari e consente di crearsi una qualche aspettativa sulle condizioni che si possono riscontrare in esercizio.

L'interferenza di questo elemento con gli altri del sistema è legato ad interazioni fisiche , come ad esempio pioggia, vento, caduta massi, soprattutto per quanto concerne le interazioni con strada e veicolo intervenendo ad esempio sulle caratteristiche di percorribilità ed accessibilità ai luoghi. Per quanto riguarda il rapporto con l'utente il condizionamento è di tipo psicologico o comunque legato agli aspetti percettivi: leggibilità dei tracciati stradali, visuale libera, prospettiva, illuminazione variano in funzione delle condizioni ambientali con ovvie ripercussioni sulla condotta di guida.

Gli aspetti che possono infondere intelligenza all'elemento ambiente hanno a che fare prettamente con interventi di monitoraggio attraverso reti di sensori diffusi sul territorio atti a cogliere i fenomeni e i cambiamenti delle diverse componenti ambientali e la realizzazione di una caratterizzazione di base, dettagliata ed orientata alla finalità della sicurezza in ambito stradale, attraverso l'impiego di nuove tecnologie per l'acquisizione di dati territoriali.

Definizioni autorevoli come quella di M. Weiser intendono di Smart Environment

"*a physical world that is richly and invisibly interwoven with sensors, actuators, displays, and computational elements, embedded seamlessly in the everyday objects of our lives, and connected through a continuous network*." (M. Weiser, Goldot R., Brows J.S, 1999), evidenziando il massivo contributo tecnologico che conferisce all'ambiente la "sensibilità", intesa come capacità di percepire il mutamento di fenomeni, verso la tematica oggetto di indagine.

Un'altra definizione fa trasparire l'obiettivo più ampio che sta dietro alla strutturazione di una rete di dispositivi integrati che forniscano nuovi dati, ovvero la creazione di nuovi servizi che possano rendere la vita dei cittadini più confortevole: secondo Cook e Das, Smart Environment è

> *"a small world where different kinds of smart device are continuously working to make inhabitants' lives more comfortable."* (Cook D., Das S., 2005).

Il potenziale informativo desunto dalla rete di sensori sul territorio diventa elemento strategico per conferire intelligenza al "sistema strada": consente di individuare l'influenza dei fattori esogeni, e quindi esterni alla sede stradale, che possono creare turbative o impedimenti alle normali condizioni di mobilità, grazie ad una profonda conoscenza dello scenario e delle dinamiche. Consente inoltre di individuare i potenziali siti a massima efficienza su cui mettere in atto azioni di mitigazione per abbattere il livello di magnitudo, e contemporaneamente valutare l'impatto che la circolazione stradale ha sul contesto ambientale.

3.2 Smart Vehicles on Smart Roads

Il sistema dei trasporti su gomma vive ad oggi una condizione di grave crisi, soprattutto per quanto riguarda le condizioni manutentive dell'infrastruttura fisica, per l'inadeguatezza nei confronti di una domanda di mobilità che è in continua ascesa e per la sua obsolescenza in relazione alle performance che caratterizzano la quota parte del parco macchine circolante, poiché frutto di scelte progettuali che mal si adattano alle attuali condizioni di mobilità. Inoltre bisogna considerare che in circa mezzo secolo, periodo storico a cui risalgono le prime norme di progettazione stradale, gli utenti della strada e i loro comportamenti sono a dir poco cambiati, come lo è il ritmo delle loro vite.

Tale inadeguatezza si manifesta in termini di esternalità negative che ogni anno la nostra comunità deve fronteggiare: gli incidenti rappresentano un indicatore delle condizioni di

sicurezza delle nostre strade in fase di esercizio, facendo emergere lacune nel Sistema strada che producono eventi critici, così come impatti sull'ambiente generano pressioni sull'ecosistema. E' evidente che il Sistema strada necessiti di un cambiamento radicale che, con approccio integrato, sia in grado di abbattere alla radice le interazioni negative tra le sue componenti; sia il momento storico che stiamo vivendo e sia le possibilità offerte dal mondo tecnologico ci suggeriscono una nuova chiave per la soluzione di tali problematiche, identificata nell'informazione. Le nuove tecnologie ICT , che nel campo dei trasporti divengono ITS, sono gli strumenti per approdare ad una innovativa gestione ed ottimizzazione del patrimonio esistente in un'ottica di sicurezza e sostenibilità, coerentemente con gli obiettivi di Smart Mobility.

Il trend verso il quale il sistema di mobilità sta evolvendo, che ad oggi presenta ancora contorni di sperimentazione, afferisce ai settori dell'automazione: le prime esperienze hanno coinvolto i sistemi a guida vincolata come treni delle metropolitane di Copenaghen, Singapore, Parigi e in Italia Torino e prossimamente Roma; anche la linea ferroviaria dell'alta velocità ha sperimentato alcuni elementi di automazione[35], come ad esempio *ERTMS* - European Rail Traffic Management System, *SCMT* - Sistema Controllo Marcia Treno, *SSC* - Sistema Supporto Condotta, *ACC* - Apparato Centrale Computerizzato, *SCC* - Sistema di Comando e Controllo. La ragione che pone in una posizione di vantaggio la modalità di trasporto ferroviaria rispetto a quella stradale risiede nel minor grado di rischio che la contraddistingue: il sistema su rotaia è a guida vincolata, riducendo i gradi di libertà del sistema, inoltre il conducente è un professionista. Tuttavia il complesso dei sistemi di assistenza citati hanno lo scopo di minimizzare la probabilità di errore legato al fattore umano.

E' evidente che il sistema su strada presenta un numero di variabili maggiore e risente in maniera spiccata del fattore umano che introduce un elevato grado di incertezza e di rischio sul sistema. A tal proposito il trend che si prospetta in un orizzonte temporale di medio termine (di circa 10-15 anni) è orientato ad abbattere proprio il rischio incidentale riconducibile a tale elemento del sistema, agendo sui fattori veicolo e strada.

La filosofia alla base è quella degli "Smart Vehicles on Smart Roads", cioè la realizzazione di reti dinamiche e cooperative tra veicoli e infrastrutture , in grado di scambiarsi informazioni tra loro e con l'utente alla guida, al fine di assicuragli una corretta percezione del rischio dell'ambiente stradale, per una mobilità sicura e sostenibile, che tenda all'equilibrio del sistema strada in una nuova ottica preventiva. Per raggiungere tali obiettivi è necessario agire da un lato sull'infrastruttura, rendendola "sensibile" con una serie di sensori in grado di descrivere in tempo reale il suo stato strutturale e funzionale, dall'altro sui veicoli, equipaggiandoli con sistemi di autodiagnosi, di analisi del comportamento del conducente e sistemi di *warning* , rendendoli in grado di dialogare tra loro e con l'infrastruttura, in modo da abbattere le probabilità di incidente. Tale strategia prevede una serie di fasi fondamentali:

- *Road Model*: Costruzione del quadro di conoscenza di base, attraverso attività di rilievo multimodale e di modellazione della rete stradale, mediante l'impiego di piattaforme di acquisizione dati georiferiti e software di post-elaborazione specifici.
- *Road Sensing:* Monitoraggio dei flussi di traffico e di altri parametri strettamente connessi (emissioni, condizioni meteo climatiche, aggiornamento dello stato dell'infrastruttura in tempo reale), attraverso reti di sensori e dispositivi disseminati sull'infrastruttura.

[35] http://www.italferr.it/cms/v/index.jsp?vgnextoid=e57c9861d2eda110VgnVCM1000003f16f90aRCRD

- *Comunication*: Analisi delle tecnologie di comunicazione "Veicolo-Infrastruttura" e "Veicolo- Veicolo", al fine di realizzare un prototipo di "Infrastruttura stradale Intelligente", valutarne le potenzialità ed i benefici in termini di maggior grado di sicurezza, mediante l'impiego di tecnologie ICT.

Emerge la necessità di acquisire, integrare e diffondere informazione, al fine di adeguare l'offerta di mobilità in ragione della domanda espressa dagli utenti, alla luce degli obiettivi della sicurezza e della sostenibilità ambientale propri del concetto di Smart Mobility.

3.2.1 SMART MOBILITY

L'innovazione è la prospettiva intelligente che sta abbracciando le nostre città e i nostri territori passando attraverso una mobilità smart, a misura di cittadino, compatibile con l'ambiente e altamente tecnologica. Essa è finalizzata non solo a perseguire benefici per la mobilità veicolare privata, ma rappresenta una nuova occasione anche per ridurre sprechi e inquinamento ad essa connessi, e per adeguare la logistica legata ai trasporti in un'ottica di sicurezza e sostenibilità, grazie alle nuove tecnologie.

Le sfide a cui la Smart Mobility è chiamata a rispondere come uno dei settori fondamentali per lo sviluppo dell'innovazione della città sono:

- Efficienza energetica: è fondamentale per perseguire gli obiettivi comunitari, abbattere gli impatti ambientali e generare una nuova cultura della mobilità, soprattutto per quanto concerne le politiche di trasposto pubblico e collettivo;
- Sostenibilità degli spostamenti: è un fattore discriminante di grande importanza per l'organismo città e, in virtù della trasversalità del tema che più di altri tocca la quotidianità di cittadini ed imprese, genera un ampio impatto anche a livello mediatico;
- Accessibilità: favorisce la connessione del territorio, l'inclusione sociale e civile e necessaria allo sviluppo e alla competitività del sistema urbano;
- Sicurezza degli utenti e affidabilità del sistema: più degli altri temi produce impatti sulla collettività poiché ogni anno si registra un numero ingente di vittime della strada. Tale problematica è al centro dei dibattiti europei e nazionali proprio per l'entità del numero di vittime che ogni anno viene registrato. E' evidente che una mobilità intelligente non può prescindere dalla tutela dei suoi utenti.

Il fattore innovativo che attua la transizione verso modelli smart di trasporto è riconosciuto nell'elevato contributo tecnologico, a partire dalle ICT, funzionali alla gestione anche di altri aspetti importanti della Smart City, come ad esempio la gestione intelligente delle informazioni per servizi al cittadino, utilities, per l'egovernment.

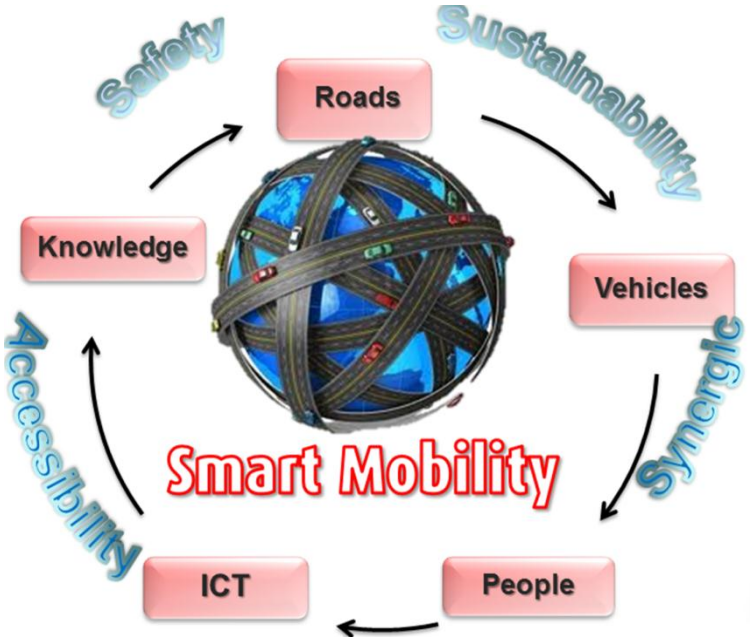


Figura 35:Smart Mobility

Il paradigma della Smart Mobility infatti mira ad includere all'interno di un'ottica di innovazione e ottimizzazione l'intero Sistema strada, cercando di agire, attraverso le nuove leve tecnologiche, in maniera sinergica e sistemica su tutti i fronti: essa è funzionale ad assicurare:

- gestione ottimale del traffico, strade e dati di viaggio;
- sicurezza e incolumità sulla strada;
- integrazione del veicolo nell'infrastruttura dei trasporti;
- sicurezza e protezione dei dati e delle informazioni

Per i cittadini la Smart Mobility realizza soluzioni più vivibili fondate sulla infomobilità, la presenza di adeguati spazi e percorsi ciclabili e pedonali, parcheggi d'interscambio che evitino il congestionamento della città. Inoltre la regolamentazione degli accessi ai centri storici , l'adozione di soluzioni di mobility management da parte di aziende consentono di alimentare un sistema in grado di gestire gli spostamenti quotidiani dei cittadini, a favore di una maggiore vivibilità delle città.

Il momento storico che stiamo vivendo ci spinge a trovare soluzioni alternative alla tradizionale "politica dell'offerta", che a mutate esigenze e condizioni di mobilità risponde con la costruzione di nuove infrastrutture più capienti e più sicure, accompagnate da gravosi oneri economici, generando nuove esternalità negative sull'ambiente; tale soluzione è ad oggi irrealizzabile nel nostro Paese poiché si riscontrano tempi di realizzazione troppo lunghi rispetto all'emergenza, costi e risorse non disponibili per la realizzazione e una scarsa accettabilità sociale. L'approccio Smart per garantire un sistema di mobilità stradale in linea con i requisiti di sicurezza e sostenibilità può avvalersi di una corretta gestione delle strategie di mobilità, che andando ad agire con politiche di influenza su domanda e offerta all'interno di un progetto di ristrutturazione del territorio produce migliorie per la viabilità, si mira inoltre a favorire l'ottimizzazione del patrimonio esistente per il raggiungimento di traguardi di breve-medio periodo e la partecipazione per la diffusione della cultura sella sicurezza stradale.

Al fine di perseguire in tempi brevi gli obiettivi principali della Smart Mobility è necessario individuare le azioni prioritarie e i metodi di realizzazione al fine di apportare evidenti cambiamenti sulle condizioni del sistema:

- gestire i flussi di mobilità per ridurre congestione, disservizi e rischi;
- gestire la domanda di mobilità per minimizzare gli spostamenti inutili e rendere più agevoli quelli necessari;
- innovare la pratiche di progettazione infrastrutturale al fine di renderle più funzionali, sicure, flessibili e meno costose;
- ottimizzare i sistemi della mobilità attraverso attente politiche di pianificazione atte a valorizzare il patrimonio esistente rendendolo più funzionale ed adattivo;
- erogare a cittadini ed imprese servizi personalizzati di informazione;
- corrispondere in maniera adeguata a tutte le diverse esigenze di mobilità;
- favorire la responsabilizzazione dei comportamenti individuali.

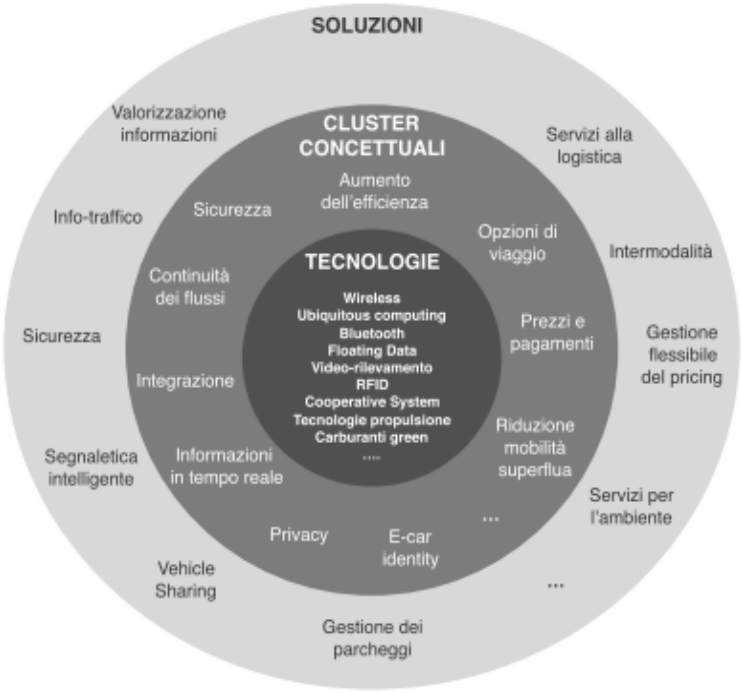


Figura 36:Soluzioni, cluster e tecnologie per la smart mobility, The European House-Ambrosetti, 2012

Le tecnologie necessarie possono ricondursi a :

- Tecnologie per l'informazione (la sicurezza, comfort e emergenze, controllo del traffico e segnaletica, e payment, infomobility, etc…);
- Tecnologie per la cooperazione tra veicoli e tra veicolo e infrastruttura;
- Tecnologie per combustibili e sistemi di propulsione a ridotto impatto ambientale, motori elettrici, ibridi.

Nel mondo diverse città hanno abbracciato la filosofia Smart City, facendo della mobilità uno dei primi settori di sperimentazione, e registrando anche sostanziali miglioramenti nei settori della qualità della vita, ambiente e competitività. Un recente studio di Finmeccanica (The European House-Ambrosetti, 2012) fotografa la diffusione di iniziative di Smart Mobility a livello mondiale: l'Europa ha avviato la creazione di un mercato della Smart Mobility che, secondo le stime, produrrà un mercato di 140 milioni di euro dall'apertura e messa a disposizione di dati sulla mobilità, con la costruzione di nuove filiere industriali e servizi.

Tra gli obiettivi principali della Smart Mobility il tema della *Road Safety* è una delle emergenze con cui il nuovo approccio deve confrontarsi: nonostante la massiva diffusione tecnologica che ha raggiunto anche i nostri veicoli, che ha reso fruibili sistemi di assistenza alla guida e reso possibili indagini di dettaglio sugli elementi dello spazio strale, il numero delle vittime della strada registrate annualmente rappresenta ad oggi insostenibile. Manca un approccio sinergico e congiunto al problema, che vada ad agire simultaneamente sulle multiple corde di un problema complesso come il fenomeno dell'incidentalità, basato su una conoscenza profonda delle cause e delle relazioni tra i fattori che intervengono nella mobilità, ricorrendo all'ausilio delle nuove tecnologie.

Secondo studi di letteratura (Bekiaris E., Wiethoff M., Gaitanidou E., 2011) la *sicurezza sostenibile* può essere definita come:

> *"Sustainable Safety" is a road safety concept, by which the entire traffic and transport system is adapted to human limitations. The aim is to prevent crashes and to limit their consequences. The infrastructure prevents road use involving large differences in direction, speed and mass, and directs the road user towards safe behaviour. Vehicles are constructed to simplify the driving task and offer protection in the event of a crash. Road users are educated and informed properly and their behaviour is tested regularly."*

La sicurezza sostenibile fa parte di una nuova visione in cui l'intero sistema dei trasporti è progettato in relazione alle capacità umane, con lo scopo di prevenire situazioni incidentali e limitare le loro conseguenze, che quindi fa sue gli innovativi concetti di Self Explanatory Road e Forgiving Road. Elementi che favoriscono la sicurezza sostenibile sono inoltre l'omogeneità dei flussi in termini di composizione e velocità, le infrastrutture sono progettate secondo criteri che massimizzano la corretta percezione da parte dell'utente e i veicoli sono dotati di particolari tool di assistenza al conducente.

La leva principale della sicurezza sostenibile è la prevenzione degli eventi incidentali, attraverso una conoscenza profonda degli elementi del sistema strada e la valutazione dell'entità e tipologia delle loro interazioni con lo scopo di poter predire e quindi scongiurare eventuali condizioni critiche, grazie, alle informazioni che provengono dalla strada e dai veicoli; è possibile individuare alcuni principi fondamentali su cui si fonda la Road Safety :

- Conoscenza degli aspetti strutturali e funzionali dell'infrastruttura ;
- Conoscenza dei parametri rappresentativi dei flussi di traffico (direzione, eterogeneità, velocità);
- Presenza di elementi di mitigazione delle conseguenze dell'errore umano;
- Analisi e predizione di comportamenti e condizioni della strada;
- Stato della conoscenza stradale.

Attraverso tali principi la mobilità sicura sostenibile si pone di perseguire i seguenti obiettivi principali:

- Prevenzione di incidenti, con priorità di quelli con esiti mortali, e abbattimento dei fattori di rischio;
- Realizzazione di un approcci integrato in grado di calibrare i fattori del sistema strada, ottimizzato rispetto al denominatore comune che è il fattore umano, ovvero l'elemento più vulnerabile del sistema;
- Colmare le lacune strutturali del sistema strada soprattutto mediante sistemi di gestione ed orientati alle ICT.

E' evidente che tali obiettivi possono essere il risultato di un cammino virtuoso verso una nuova concezione di mobilità ispirata ai principi della Smart City: anche nella sua declinazione al settore dei trasporti l'aggettivo "smart" introduce un approccio olistico al *sistema strada*, che si traduce in un' azione sinergica sui tre elementi con l'aggiunta del fattore tecnologico, al fine di minimizzare le lacune proprie di ogni fattore ai fini della sicurezza. A tal proposito, mentre l'azione sulle infrastrutture in termini di potenziamento tecnologico ed analisi della vulnerabilità ricade nella sfera di azione di amministratori e gestori della rete, quello legato alla componente dei veicoli è legato alle scelte delle case produttrici e al limite a le preferenze degli acquirenti, e solo secondariamente dai decisori istituzionali, che possono indirizzare le scelte di mercato mediante promozione degli investimenti, con poco margine di controllo e sinergia sulla diffusione di tali dispositivi. La scarsa diffusione dei mezzi dotati di sistemi in grado di comunicare con l'infrastruttura e con l'utente a bordo l'assenza di informazioni efficaci per la riduzione di comportamenti scorretti o informazioni di *warning* vanificherebbe la realizzazione di un sistema potenzialmente molto efficace incentrato sul tema della sicurezza.

Affinché si riscontri uno sviluppo equilibrato sui diversi fronti: strada, veicolo, uomo è necessario operare in modo congiunto; sul fronte strada le prime operazioni da compiere riguardano la strutturazione di un dettagliato quadro conoscitivo, al fine di identificare le criticità della strada, attraverso l'integrazione di diverse fonti dati e giacimenti informativi, prevedendo l'esecuzione di eventuali rilievi aggiuntivi per mezzo di piattaforme tecnologiche per il rilievo del territorio. La strada rappresenta il luogo fisico della mobilità, esercitando una forte influenza sia sulla componente umana e sia su quella veicolare è necessario avere a disposizione modelli dettagliati rappresentanti ogni sua caratteristica.

Le fasi successive prevedono:

Classificazione delle strade in relazione alla priorità di intervento al fine di una programmazione efficiente delle scelte di investimento;

Manutenzione delle aree con maggiore potenziale risolutivo (segnaletica, sistemazione dei margini, rimozione ostacoli alla visibilità) e bassi costi;

Valutazione e realizzazione di interventi strutturali sulla rete e gestionali finalizzati all'organizzazione dei flussi di traffico, monitoraggio esiti;

Valutazione di interventi finalizzati a favorire le utenze deboli (separazione dei flussi di traffico di pedoni, ciclisti e motociclisti dall'impatto con il traffico automobilistico);

Valutazione delle azioni messe in atto, anche mediante panel interview e processi wiki

- Promozione di alternative efficaci alla mobilità individuale attraverso il potenziamento del trasporto pubblico, e la creazione di nuovi spazi per la circolazione delle utenze deboli;
- Promozione della diffusione dei dispositivi tecnologici sui veicoli attraverso la predisposizione di incentivi economici e fiscali per coloro che decidono di adottarli;
- Promozione di una cultura del controllo inteso come "rassicurazione" e ausilio alla guida, e non solo come sanzione.

Dall'analisi delle fasi necessarie alla creazione di un sistema di mobilità sicura ed intelligente, finalizzata all'abbattimento dei fattori di rischio, si evince la necessità di agire in maniera strutturata sugli elementi del sistema strada poiché, in accordo con la teoria omeostatica, qualsiasi vincolo imposto ai fini della sicurezza su uno dei tre fattori , produce irrimediabilmente

effetti negativi sugli altri: le misure più efficaci sono quelle che prendono in considerazione la triade di fattori e ne considerano i legami di connessione.

L'approccio integrato al problema deve riflettersi anche nella multiattorialità e multidisciplinarità: ad esempio i nuovi piani urbani dovrebbero prevedere il coinvolgimento di competenze specifiche quali responsabili delle politiche infrastrutturali, dei mobility manager e forze dell'ordine, impiegate nella tutela della sicurezza degli utenti, le associazioni (ciclisti, vittime della strada) a fine di creare un tavolo multiattoriale in grado di analizzare il problema della sicurezza stradale attraverso le diverse sensibilità e prospettive degli utenti della strada.

3.2.2 LEVE DEL CAMBIAMENTO DEL NUOVO SISTEMA STRADA

L'obiettivo della mobilità sicura ed intelligente, prerogativa fondamentale per la Smart City del futuro, si può conquistare attraverso il connubio di gestione integrata delle risorse, partecipazione, condivisione, e apporto tecnologico: quello che si vuole costruire è un sistema stradale innovativo, in grado di sopperire ad una limitata offerta di trasporto con nuove modalità di gestione imperniata sulla conoscenza della rete stradale e delle condizioni dei veicoli che si muovono su di essa. Il fulcro del nuovo paradigma è l'informazione: dati aggregati ed integrati tra loro modellano l'infrastruttura, descrivendone le caratteristiche strutturali e geometriche, mentre flussi anche in tempo reale possono descrivere le condizioni interne alla corrente veicolare: in questo modo strade intelligenti dialogano con i veicoli intelligenti all'interno di un rapporto di cooperazione ai fini della diagnosi ed ottimizzazione del sistema di viabilità e per l'abbattimento dei fattori di rischio. Sistemi di regolazione del traffico intelligenti, procedure di *tracking* per merci pericolose, supporto alle situazioni di emergenza e una piattaforma logistica nazionale unica e interconnessa sono gli elementi che completano il sistema. Su tale substrato si innesta il contributo dinamico delle "*Communicative Car*", auto intelligenti in grado di diventare sensori in movimento che comunicano con la strada mediante una rete di sensori lungo il suo sviluppo ovvero dei "*Sensitive Spot*", esse sono capaci inoltre di avvertire di eventuali pericoli o ricevere informazioni dalle altre auto.

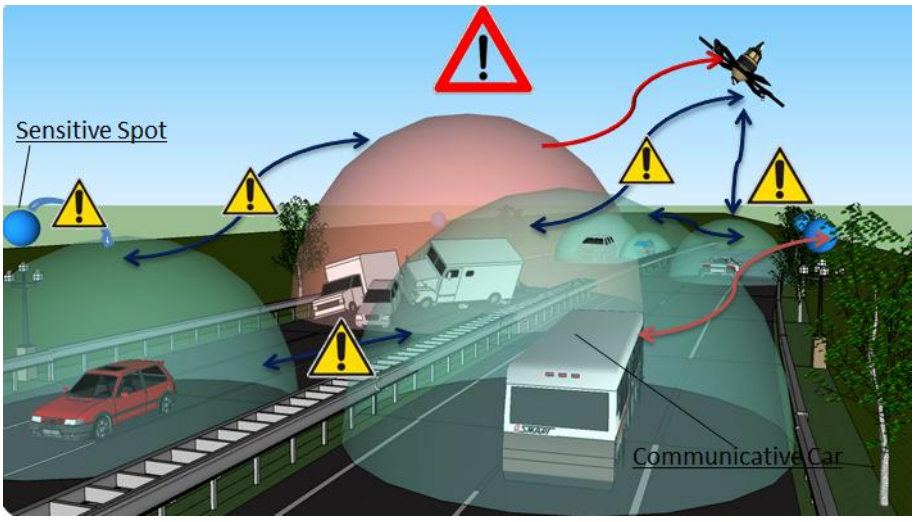


Figura 37:Smart Vehicles on Smart Roads

E' in atto una reale rivoluzione del trasporto stradale reso possibile dal contributo degli ITS *Intelligent Transportation System*. La spinta decisiva alla loro introduzione nel settore della mobilità è legata alla Direttiva Europea 2010/40/UE, che sancisce l'obbligatorietà per i Paesi membri di dotarsi di sistemi intelligenti orientati alla multi modalità del trasporto, controllo in tempo reale, pagamenti elettronici, informazioni alle utenze e gestione del trasporto di merci

pericolose; nel nostro paese il ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha emanato un decreto attuativo (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti , 2013) per dare concretezza alle azioni. Tale fonte definisce gli ITS come:

> *"Tecnologie informatiche e della comunicazione applicata ai sistemi di trasporto, alle infrastrutture, ai veicoli e alla gestione del traffico e della mobilità."*

Il loro impiego è finalizzato al raggiungimento di un sistema di mobilità più sicuro ed efficiente mediante una nuova gestione sulle tecnologie dell'informazione e della comunicazione: le principali ricadute dei sistemi intelligenti sulla sicurezza stradale riguardano la prevenzione degli incidenti, poiché abbattono l'incidenza del fattore umano mediante sistemi di segnalazione al conducente (distanza e velocità relativa dal veicolo che precede, allineamento al margine stradale, segnalazione del veicolo in sorpasso, ecc.) e in caso di sistemi attivi presentano la possibilità di agire direttamente sugli organi di guida al fine di correggere gli errori del guidatore. Altra ricaduta fondamentale è nella gestione degli incidenti e situazioni critiche, soprattutto in relazione di management del traffico e ai sistemi di allarme e richiesta di soccorso. I Sistemi di Trasporto Intelligente consentono di affrontare i problemi legati alla domanda e offerta di mobilità in modo organico e unitario, incrementando la sicurezza e l'efficienza del trasporto, contribuendo a ridurre l'impatto ambientale e miglioramento della qualità della vita degli utenti, coerentemente con gli obiettivi principali di Smart Mobility.

I Sistemi di Trasporto Intelligenti sono uno strumento ad oggi molto innovativo in grado di garantire significativi benefici su un orizzonte temporale di breve e medio termine, grazie ad un approccio "di sistema", nel quale informazione, coordinamento e controllo operano in sinergia, favorendo l'uso ottimale delle infrastrutture e dei veicoli. Infatti particolari servizi ITS orientali all' infomobilità, possono rappresentare uno strumento efficace per migliorare la gestione della viabilità cercando di orientare la domanda di traffico sulle capacità disponibili, sfruttando al meglio le potenzialità dell'intera rete, così da ottimizzare ed incrementare produttività, efficienza e sicurezza dei trasporti limitando gli investimenti necessari per le infrastrutture tradizionali.

Anche a livello economico, infatti si possono registrare evidenti benefici: i costi relativi a sistemi ITS sono costituiti da costi di *start up* (progettazione, realizzazione e messa in opera dei sistemi), costi d'esercizio e di manutenzione: tali oneri economici non sono paragonabili a quelli generati dalla costruzione di una nuova infrastruttura stradale, ma soprattutto a livello di impatto ambientale i vantaggi generati dalla prima soluzione sono notevoli. Presupposto per la diffusione di tali servizi è un atteggiamento di apertura da parte degli enti gestori della rete, ovvero bisogna passare dalla gestione delle rete stradale a quella dei flussi tramite l'organizzazione del network delle informazioni.

Nonostante il sostegno della Comunità Europea permangono ad oggi barriere che ostacolano una rapida e capillare diffusione degli ITS: la rapida obsolescenza delle tecnologie e le difficoltà legate alla loro integrazione, le resistente alla cooperazione di organizzazioni e la loro reticenza a rendere fruibili i dati e la carenza di normative specifiche

Gli ITS rappresentano gli strumenti tecnologici più adatti per perseguire gli obiettivi fissati dalla Smart Mobility: essi devono concretizzare, attraverso l'integrazione di diverse tecnologie, l'approccio olistico al problema della mobilità sicura ed intelligente. Il sistema strada , composto dai tre elementi uomo-veicolo-strada viene permeato dal contributo delle Nuove Tecnologie, per corrispondere, con strumenti efficaci, alle sfide poste in essere dalla problematica

dell'incidentalità. Lo studio delle dinamiche incidentali e l'analisi delle relazioni di causalità tra i vari elementi del sistema vengono supportati, sia durante la fase conoscitiva e sia in fase di diffusione delle informazioni dagli strumenti ITS. Ad esempio un utente può essere avvertito di un pericolo direttamente dalle altre vetture, anche se si trova al di fuori del campo visivo del fattore di pericolo, oppure può essere la strada ad indicare la presenza di condizioni di scarsa sicurezza, così da influenzare i rapporti di causalità che potenzialmente possono condurre ad un evento incidentale.

Lo schema classico triangolare del sistema strada che ai suoi vertici vede i tre principali fattori quali strada-veicolo-utente si evolve in una rete articolata di sistemi triangolari che dialogano sia con relazioni dirette all'interno del sistema stesso, e sia mediante nuovi vertici di connessione che connettono i diversi sistemi, ossia realizzano la rete cooperativa grazie a nuovi sistemi di comunicazione Strada - Veicolo (Infrastructure to Vehicles) o Strada-Uomo (Information) o Uomo – Veicolo (Human Machine Interface).

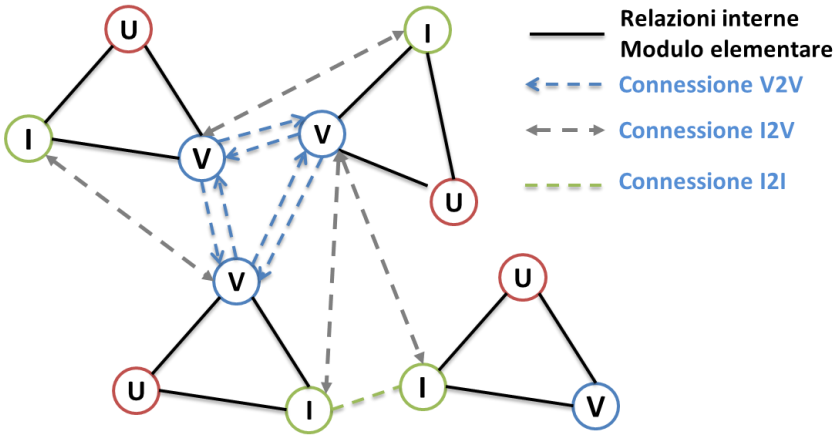


Figura 38:Rete cooperativa del nuovo sistema strada

Questo è possibile perché nel Sistema strada intelligente l'infrastruttura e i veicoli sono sede di sensori in grado di descrivere il loro stato, è possibile collegare in rete i diversi cluster sensoriali (Sensitive Spot) e i diversi veicoli (Communicative Car), così da poter disporre di ulteriori informazioni in tempo reale e direzionate solo su specifici elementi in relazione a criteri di prossimità, sul sistema di mobilità sicura. La Figura 39 evidenzia le relazioni tra gli elementi del nuovo sistema strada e le loro modalità di comunicazione.

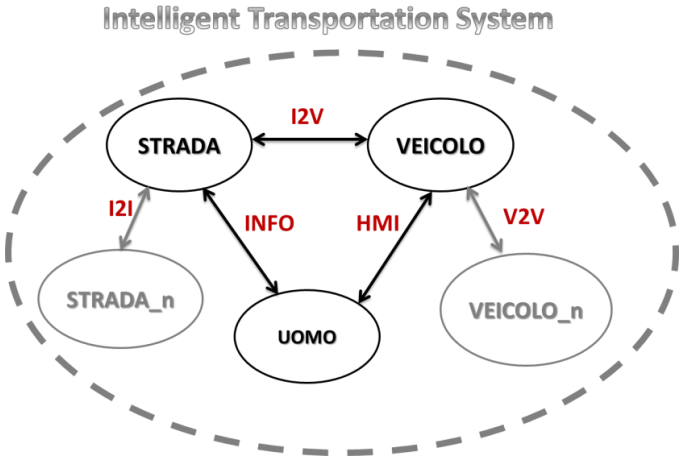


Figura 39:Il sistema strada intelligente e delle comunicazioni

3.2.3 STRADA E ITS INFRASTRUCTURE BASED

Ai fini di trattare un problema complesso come quello della sicurezza stradale, si rende necessario disporre di un quadro conoscitivo di base descrittivo dello stato dell'infrastruttura, al fine di realizzare un modello della rete stradale, cioè un insieme integrato di informazioni tali da descrivere compiutamente le condizioni strutturali e funzionali della strada, su cui adagiare i diversi strati informativi provenienti dai sensori disseminati sul territorio che ne colgono le dinamiche di mobilità e cambiamento.

Fondamentale alla caratterizzazione dell'infrastruttura stradale per la sicurezza è l'analisi delle caratteristiche geometriche e strutturali e lo studio del fenomeno incidentale, passi propedeutici alla definizione delle emergenze e alla comprensione delle aree che rivelano maggiori criticità, e quindi da sottoporre a monitoraggio, ai fini di abbattere la pericolosità intrinseca dello spazio stradale. Tra le fonti informative prioritarie a realizzare la fase di caratterizzazione stradale emerge il Catasto delle Strade[36], che contiene tutte le informazioni atte a descrivere l'infrastruttura stradale sotto i suoi aspetti strutturali e geometrici, integrato con rilievi dei flussi di traffico e storia incidentale.

Per quanto concerne l'acquisizione di informazioni riguardo l'infrastruttura fisica, la tecnologia che al meglio corrisponde a questa necessità è quella del Mobile Mapping System, ovvero architetture tecnologiche a bordo di veicoli in movimento sull'infrastruttura in grado di acquisire dati georiferiti, sfruttando principalmente un apparato di posizionamento, sensori fotografici e sistemi di scansione laser. Le fasi successive di post elaborazione consentono di ottenere un modello completo dell'infrastruttura stradale, aggiornabile ed interoperabile. La struttura di un Mobile Mapping System è riportata in Figura 40

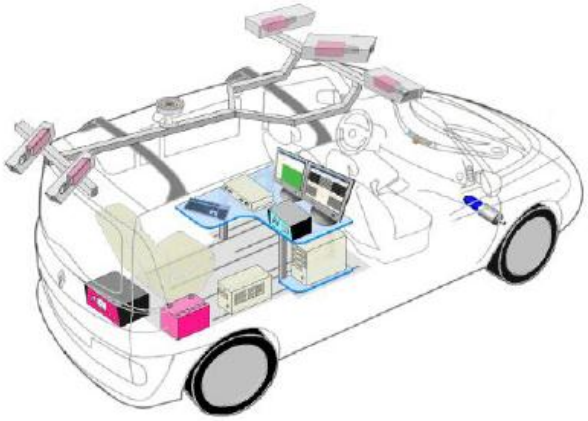


Figura 40:Mobile Mapping System

La base conoscitiva descrittiva dello stato dell'infrastruttura è propedeutica alla realizzazione del segmento di monitoraggio e comunicazione che realizza i concetti della *Infratructure to Infrastructure Communication* (I2I) e della *Infrastructure to Vehicle Communication* (I2V), seguendo le prescrizioni delle direttiva di riferimento.

[36] Catasto delle Strade: è definito dal Codice della Strada all'art 13 come: "l'inventario di tutte le strade ad uso pubblico presenti sul territorio nazionale, con l'obiettivo primario di definire la consistenza della rete stradale nazionale in modo compatibile ed integrabile, in una prospettiva a medio-lungo termine, con i Catasti dei terreni e dei fabbricati"

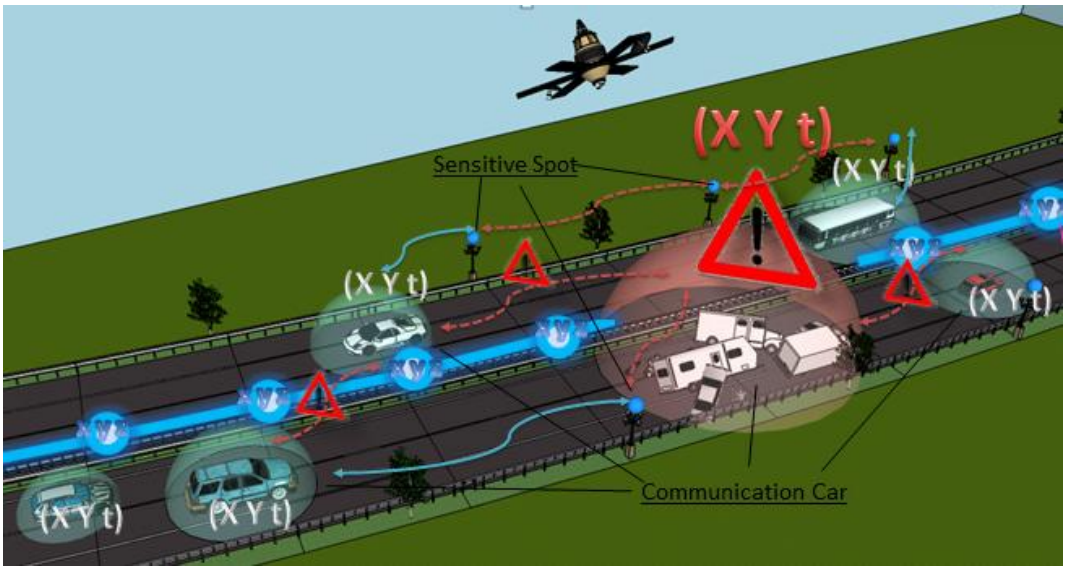


Figura 41:Communication I2I, I2V, V2V

L'obiettivo è quindi quello di creare mediante tecnologie ITS dei "Sensitive Spots" sulla strada in grado di effettuare analisi diagnostiche della condizione dell'infrastruttura, mediante un'architettura di sensori appositamente progettata, al fine di monitorare parametri rappresentativi di determinati fenomeni e comportamenti umani che possono innalzare il livello di pericolosità della strada, sia in termini di fattori endogeni e sia esogeni.

La disponibilità sul mercato di sensori di piccole dimensioni a costi sempre più accessibili e a basso consumo consente di impiegare tecnologie sempre meno invasive ed intrusive e realizzare reti di sensori diffuse sul territorio in maniera capillare, al fine di poter ottenere una mappatura completa e poter descrivere compiutamente l'andamento dei fenomeni indagati. Dalle vaste coperture delle immagini satellitari, delle indagini avioniche o degli stessi veicoli ad alto rendimento per la copertura stradale afferenti al Paradigma dell'immagine, si passa ad un dettaglio più spinto e a dimensioni di indagini ridotte nel nuovo Paradigma del Monitoraggio, con aree di copertura di circa 25-30 m^2 per sensore.

Mediante una rete di dispositivi posizionati in maniera capillare sull'area di interesse, anche direttamente sull'infrastruttura, così da poter cogliere le caratteristiche dei flussi di traffico in termini di densità e velocità di deflusso, della composizione delle flotte, presenza di pedoni, sia nelle immediate vicinanze, al fine di determinare la variazione di parametri ambientali come inquinamento acustico, presenza di polveri e gas, e degli altri parametri ambientali direttamente correlabili con una forte presenza veicolare.

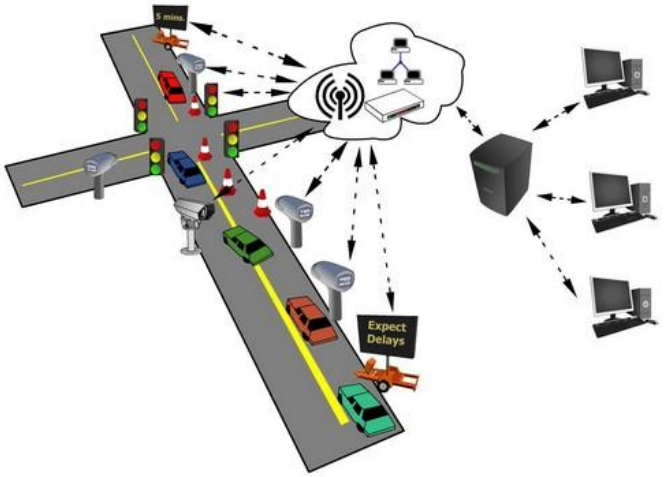


Figura 42:Rete di sensori infrastructure based , sito web : curierul-iasi.ro

La scelta dell'architettura sensoriale da realizzare per ogni "Sensitive Spot" è funzione delle caratteristiche di pericolosità rilevata nel sito di analisi, deducibili ad esempio dall'analisi di incidentalità, dalle caratteristiche fisiche e meteo climatiche del sito stesso; come osservato i fattori che possono contribuire all'accadimento di un evento critico sono molteplici, così come i sensori che è possibile scegliere al fine del monitoraggio dei parametri. Di seguito si presenta una breve carrellata dei dispositivi più impiegati al fine di definire le caratteristiche che riguardano la strada in relazione ai flussi di traffico, esulando dall'analisi di sensori specifici atti a monitorarne le caratteristiche strutturali, prettamente materia dell'ingegneria delle strutture.

Sensori infrastructure based più produttivi ai fini del monitoraggio della sicurezza stradale raccolgono dati relativi a:

- Flusso (veicolo/h);
- Densità (veicolo/km);
- Velocità (Km/h).

A tali grandezze se ne possono accostare altre derivate quali:

- Tasso di occupazione;
- Presenza di un veicolo;
- Lunghezza della coda;
- Caratteristiche dei veicoli e loro classificazione;
- Infrazioni (eccessi di carico o velocità).

In ragione dei parametri da misurare e dalle performance da accertare per la rete vengono scelti specifici sensori che fanno capo a due tipologie principali: i sensori intrusivi e quelli non intrusivi. I primi rappresentano la generazione più datata di dispositivi e sono basati sul contatto con il mezzo in transito, essi sono inglobati stabilmente nell'infrastruttura e non possono essere rimossi nemmeno a scopi manutentivi. Fanno capo a tale famiglia i cavi tribolelettrici, le spire ad induzione magnetica, i sensori magneto dinamici.

Tra i sensori non intrusivi si possono collocare i sensori a microonde, basati su tecnologie radar ad effetto Doppler o radar di presenza, magnetometri MEMS, sistemi a infrarossi , ad ultrasuoni ei sistemi basati su immagini video. Essi vengono collocati in adiacenza alla sede viaria orientati in corrispondenza del flusso.

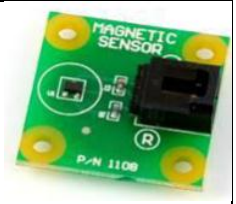
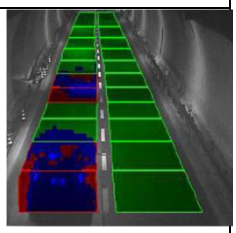
Nome	Tecnologia	Immagine
Microonde-Radar	I sensori radar effettuano la lettura di ritorno del segnale di eco dopo che ha colpito un oggetto. Non è influenzata dalle condizioni atmosferiche, non è intrusiva, presenta costi di start up più elevati ma ottimi rendimenti nel tempo, visti anche i bassi costi di manutenzione.	Fonte sito web e max. [37]
Raggi Infrarossi	I sensori a raggi infrarossi attivi hanno una sorgente di raggi infrarossi, solitamente al diodo laser, ed un ricevitore e i passaggio del veicolo si registra l'interruzione del fascio, segnalandone la presenza. I sensori di tipo passivo, invece sono dotati di un ricevitore in grado di rilevare la variazione delle radiazioni emesse dalla pavimentazione stradale o dalla superficie dei veicoli transitanti.	Fonte sito web Roadtraffic38
Sensori Acustici	Un sonar ad ultrasuoni attivo è formato da un generatore e ricevitore di onde sonore che misurano il tempo di volo tra l'emissione del segnale ed il ritorno del suo eco riflesso da una superficie, e si risale alla distanza. I dispositivi passivi sono una serie di microfoni direzionali che formano il rilevatore acustico, collegato ad un apparecchio che registra i segnali che misurano il livello di rumore prodotto dalle parti metalliche del veicolo	Fonte sito web Phidget39
Sensori MEMS	I magnetometri con tecnologia MEMS (Micro Electro Mechanical Machines) in cui all'interno del chip è presente una sfera microscopica immersa in un liquido termostatico. Quando si avvicina una massa magnetica, la sfera si muove variando la configurazione magnetica all'interno del chip	 Fonte sito web Phidget
Trattamento immagini- Spire virtuali	Le telecamere che acquisiscono con continuità le scene del deflusso di traffico, assolvendo anche alla funzione di sorveglianza, mentre appositi software acquisiscono parametri significativi del led flusso operando il riconoscimento dei veicoli.	 Fonte sito web aitek40

Tabella 13:Sensori infrastructure based non intrusivi

[37] *emax*: http://emax.poigps.com
[38] *Roadtraffic*:http://www.roadtraffic-technology.com
[39] *Phidget*: http://www.phidgets.com
[40] *aitek* : http://www.aitek.it/

Le informazioni acquisite da tali tipologie di sensori, atte a definire le caratteristiche delle correnti di traffico, integrate con i dati di altri sensori ad esempio meteo climatici e circa le condizioni della pavimentazione, e sulla base di quanto acquisito sulle proprietà dell'infrastruttura, è possibile associare un grado di rischio incidentale ad ogni singola tratta. Sul fronte gestionale ad esempio la disponibilità di informazioni in tempo reale delle condizioni di traffico consente l'adozione di un sintema di regolazione dinamica ricorrendo a controllo intelligente del traffico semaforico. Esso costituisce un fondamentale deterrente, specialmente in area urbana, per gli incidenti che coinvolgono pedoni: attraverso l'ottimizzazione delle manovre in conflitto tra le varie correnti (tra auto e pedone auto) è possibile diminuire le probabilità di incidente e aumentare la capacità dell'intersezione e la sua sicurezza. Parallelamente grazie al sistema di sensori infrastructure based e i canali di comunicazione è possibile inviare degli avvisi ai soggetti interessati sfruttando sia comunicazione I2I e sistemi di infomobility sulla strada e sia I2V raggiungendo i dispositivi a bordo veicolo o smartphones. Disporre infatti di informazione circa condizioni che alterano la normale percorrenza con un giusto anticipo consente al conducente di assumere un adeguato controllo del mezzo, o far si che lo stesso mezzo suggerisca o attui le scelte più idonee, abbattendo il fattore di rischio insita nella componente umana del sistema strada

3.2.4 ON BOARD VEHICLE SENSORS

Gli *smart vehicles* sono dei veicoli in grado di effettuare una autodiagnosi, valutare le proprie condizioni di sicurezza in relazione alle interazioni con l'ambiente esterno e gli altri veicoli, avvisare il guidatore di eventuali pericoli e, in taluni casi, agire direttamente sugli organi di manovra. Ai fini della cooperazione con l'infrastruttura il veicolo è in grado di inviare e ricevere informazioni della strada attraverso specifici protocolli di *comunicazioni (I2V Communication) inoltre è in grado di creare una rete con gli altri veicoli(V2V* Communication) dotati degli stessi dispositivi al fine del mutuo scambio di informazioni sulle condizioni di sicurezza e percorribilità. Il fine anche in questo caso è quello di abbattere i fattori di rischio incidentalità, agendo sul fronte del veicolo e del suo guidatore. L'auto diventa una piattaforma mobile connessa mediante la rete con le altre, un sensore attivo in grado di scambiare informazioni in un'ottica di cooperazione si fini della Safety, e contemporaneamente interagire con l'infrastruttura stradale, anch'essa resa sensibile da una epidermide sensoriale.

Il primo sistema che ha contribuito a fornire informazioni utili all'utente in relazione al suo percorso è stato il sistema di posizionamento con la diffusione dei navigatori satellitari: seguendo le sue indicazioni l'automobilista conosce con anticipo la manovre che dovrà eseguire, riducendo il suo *workload* . Oggi la diffusione di diverse tecnologie di posizionamento (GPS, Wi-Fi, WSN, etc…), entrate sempre più frequentemente a far parte delle nostre abitudini quotidiane poiché integrate in dispositivi di uso comune (telefonia mobile, macchine fotografiche e palmari) crea nuovi flussi informativi con componente posizionale; ne sono la dimostrazione le numerose applicazioni che, con approccio wiki (come ad esempio *Waze*[41]), forniscono informazioni circa le condizioni del traffico, o sistemi che mediane geotagging consento di segnalare le aree pericolose sulla strada.

La grande diffusione tecnologica e la connessione internet hanno coinvolto anche le auto accrescendo vertiginosamente il loro contenuto hardware rendendo i loro cruscotti sempre più

[41] Waze: un'applicazione per la navigazione e per evitare il traffico basato su approccio wiki.
Fonte sito web Waze
https://www.waze.com/it/

simili ad interfacce di personal computer: l'architettura dei sensori di bordo è in grado di effettuare la diagnosi in tempo reale delle componenti, effettuare l'analisi del mezzo e adeguare l'assetto del veicolo, dispositivi come ABS e ESP aiutano la stabilità e la sicurezza, sistemi di localizzazione e navigazione informano l'utente circa ostacoli che può trovare anche oltre il suo campo visivo, sistemi di assistenza alla guida e sensori di prossimità aiutano l'utente nella sua azione di guida.

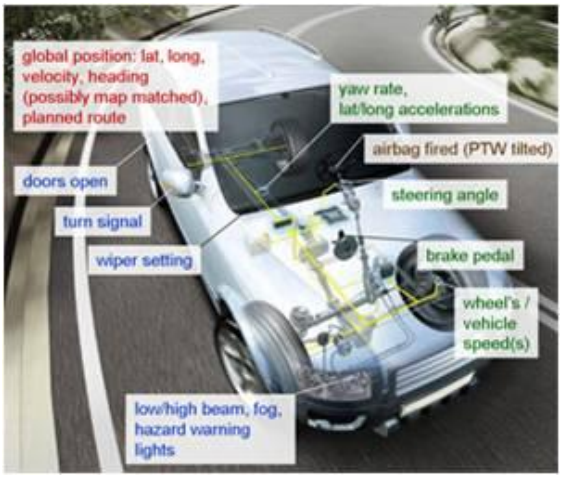


Figura 43:Veicolo prototipo del progetto SAFEPROBE[42]

I dati acquisiti dall'architettura di sensori a bordo del veicolo esplicano il loro potenziale informativo o mediante elaborazioni interne del sistema, producendo azioni automatiche sul veicolo orientate al controllo della sicurezza e della stabilità, oppure, attraverso sistemi di comunicazione che raggiungono l'utente attraverso *Human Machine Interface*[43] (HMI) al fine di scoraggiare comportamenti rischiosi, o vengono inviate a "Sensitive spot" o altri veicoli intelligenti.

Tra i sistemi di controllo on board che agiscono sul segmento uomo-veicolo, ha registrato un'elevata efficacia il *Longitudinal Collision Avoidance*: esso è in grado di valutare la presenza di veicoli o ostacoli nelle vicinanze mediante i dati di sensori di prossimità (dispositivi radar, infrarossi o laser) di altri veicoli o comunque di ostacoli, e conseguentemente avvertire il conducente o agire direttamente sugli organi di manovra del veicolo. E' evidente che tale dispositivo riduce notevolmente la probabilità di tamponamento, se sufficientemente diffuso. Sono diversi i sistemi di interazione tra uomo e veicolo finalizzati all'abbattimento di fattori di rischio, ognuno dei quali orientato alla soluzione di particolari condizioni di marcia mediante l'impiego di appositi sensori di monitoraggio e sistemi di comunicazione; la Tabella 14 riporta una sintesi di sistemi più diffusi di ADAS-*Advanced Driver Assistant System*, ovvero quei sistemi che, insieme alle HMI, contribuiscono accrescono la sicurezza stradale agendo sul segmento veicolo-uomo.

[42] *Safespot*; http://www.safespot-eu.org/sp1.html
[43] *Human Machine Interface* è definita come "tutte le parti del sistema interattivo (software o hardware) che forniscono informazioni e comandi necessari all'utente per svolgere una determinata attività con il sistema interattivo". (ISO 9241-110, 2006), esso è l'interfaccia che consente l'interazione tra uomo e macchina.

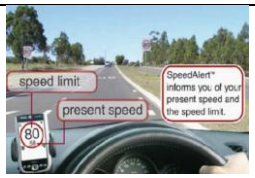
Tipologia	Nome	Tecnologia	Immagine
Lateral Support	Lateral and rear area monitoring systems -LRMS	E' un complemento dello specchietto retrovisore, mostrando all'utente posizione, velocità, e distanza dal veicolo che segue. I sensori esterni sono radar o ultrasuoni o telecamera, montata sul fianco o posteriore.	Fonte Bekiaris E., Wiethoff M., Gaitanidou E., 2011
Lateral Support	Lane Departure Warning System	E' un sistema elettronico che controlla la posizione del veicolo entro la linea della corsia di marcia e avvisa l'utente. Il riconoscimento avviene su immagini di videocamera o laser o radar. Il sistema può fornire warning o reindirizzare il veicolo	Fonte redferret44
Lateral Support	Lateral Collision Warning System	Avvertono l'utente di ostacoli nella parte laterale del veicolo, mediante suoni o vibrazioni. I sensori esterni utilizzati sono videocamere CCD o sensori ad infrarosso o micro onde montati vicino lo specchietto laterale.	Fonte Bekiaris E., Wiethoff M., Gaitanidou E., 2011
Longitudinal Support	Cruise Control – Advanced Cruise Control	Sistema di sicurezza che mantiene costante la velocità del mezzo. L'ACC adatta la velocità del veicolo in relazione alle condizioni di traffico. I sensori esterni son radar o laser per individuare il veicolo che precede.	Fonte a5oc45
Longitudinal Support	Intelligent Speed Adaption	Sistema di limitazione della velocità di crociera o mediante avviso all'utente o agendo direttamente sul veicolo. Il valore limite di velocità viene acquisito o da posizionamento globale GPS del mezzo e cartografia digitale di supporto, o mediante informazioni provenienti dall'infrastruttura, o dal riconoscimento dei segnali di limite.	 Fonte Bekiaris E., Wiethoff M., Gaitanidou E., 2011
Longitudinal Support	Vulnerable Road User Detection	Attraverso analisi di immagini acquisite da videocamere rilevano la presenza di pedoni ed avvertono l'utente.	Fonte Traffic Techology Today46

Tabella 14:Sistemi ADAS- Advanced Driver Assistant System

[44] *Redferret* www.redferret.net
[45] *a5oc* www.a5oc.com
[46] *Traffic Tecnology Today* www.traffictechnologytoday.com

I sensori a bordo del veicolo consentono sia di monitorare la condotta dell'utente e di conseguenza agre per compensare i suoi errori, fare una diagnosi del sistema e, condividendo con altri utenti parametri rappresentativi della corrente di traffico (velocità , posizione) è possibile ottimizzare la gestione dell'infrastruttura, evitare congestione e situazioni di rischio. Il sistema di monitoraggio di bordo veicolo, insieme al sistema di trasmissione si rivela determinante in situazioni di rischio poiché, utenti che stanno sopraggiungendo possono essere allertati e evitare tali situazioni.

3.3 Riflessioni sul Capitolo 3

L'analisi condotta evidenzia che l'approccio alla tematica della sicurezza stradale necessita di un cambio di prospettiva affinché l'azione preventiva assuma un ruolo attivo e tenda in maniera sostanziale agli obiettivi europei di riduzione dei costi sociali legati al fenomeno incidentale. Tale condizione è perseguibile con efficacia attraverso un approccio olistico e strutturato al problema, ispirato al modello concettuale di Smart City, in questo caso Smart Mobility, che tenda all'ottimizzazione del sistema esistente mediante la creazione di sistemi di supporto alla mobilità sia infrastructure based e sia on board, al fine di ridurre le cause di incidentalità; obiettivo questo che risulta irraggiungibile prescindendo da una solida base di conoscenza dell'ambiente stradale dei fenomeni che lo caratterizzano.

L'informazione infatti è la chiave per una mobilità più sicura e sostenibile, ed il complesso di piattaforme per l'acquisizione dati finalizzati alla costruzione di modelli dell'ambiente, di sensori per il monitoraggio, e reti di comunicazione per la connessione degli elementi sono gli strumenti che consentono di realizzarla. Il primo mezzo con cui il guidatore si interfaccia è il suo veicolo sulla base delle sole percezioni che egli riceve dall'ambiente esterno, ne deriva che nel segmento *uomo-veicolo* risieda la maggiore aleatorietà del sistema: è necessario che la comunicazione di informazioni all'utente sia funzionale alla riduzione dell' errore umano, creando settori di ricerca per il segmento automotive; il secondo passo da compiere riguarda il flusso di informazioni che i veicoli possono trasmettersi reciprocamente e con l'ambiente ai fini di una mobilità sicura e sostenibile.

La tecnologia della comunicazione tra veicoli e con l'infrastruttura può ampliare l'orizzonte conoscitivo dell'utente alla guida ed essere un supporto fondamentale per mettere in atto servizi di sicurezza attiva e preventiva: situazioni di collisione con altri veicoli possono essere scongiurate informando l'utente o agendo direttamente sulla meccanica del mezzo, inoltre la possibilità di condividere informazioni sul traffico o sull'itinerario, condizioni meteo e servizi utili all'automobilista contribuisce a creare una condizione con minore potenziale di pericolosità.

4 CAPITOLO - QUADRO NORMATIVO PER LA MOBILITÀ SICURA E INTELLIGENTE

Scopo del Capitolo 4 è quello di fornire l'inquadramento normativo relativo alle tematiche della sicurezza stradale e della Smart Mobility soprattutto in riferimento agli ITS, al fine di comprendere le linee di riferimento e gli strumenti normativi ed attuativi alla luce dei quali sviluppo della mobilità intelligente e sicura si sta prefigurando a livello europeo e nazionale.

4.1 Smart Mobility e sicurezza stradale

Il concetto di Smart Mobility afferisce ad un nuovo concetto di sistema di trasporto in grado di garantire alle utenze un maggior grado di sicurezza, determinato dalle condizioni del sistema strada. Nota la variabilità delle componenti del sistema, il problema della sicurezza stradale assume le dimensione di un problema complesso, considerando anche l'impossibilità di agire direttamente sulla maggior parte di esse: la componente umana può essere raggiunta solo mediante azioni di sensibilizzazione e formazione, ma nulla si può dire in relazione alla sua condotta di guida in esercizio, così il parco veicolare presenta una tale eterogeneità da impedire qualsiasi azione globale. Nell'approccio classico la strada è l'unico elemento del sistema sul quale, attraverso normative di riferimento impositive di standard progettuali e limitazioni in fase di esercizio è possibile definire livelli di sicurezza congrui; tale visione risulta ad oggi superata anche grazie alle nuove tecnologie, che consentono da un lato una maggiore conoscenza degli elementi del sistema strada, e dal altro premettono l'indagine delle relazioni di causalità e le reciproche influenze tra gli elementi del sistema. La nuova visione di mobilità inquadrata nel concetto di città intelligente trova nelle tecnologie ITS validi strumenti per perseguire le obiettivi prefissati dalla Comunità Europea.

4.1.1 STRATEGIA EUROPEA PER LA SICUREZZA STRADALE

Fino agli inizi degli anni Novanta gli incidenti stradali erano considerati il prezzo necessario in termini di vite umane che la società era costretta a pagare al fine di corrispondere alla sua esigenza di mobilità; contemporaneamente le sole misure intraprese per la gestione del fenomeno erano limitate alla normalizzazione tecnica e alla verifica delle dotazioni sui veicoli o all'uso di dispositivi di protezione (cintura di sicurezza o casco)ai fini di mitigare la componente di danno, ma evidentemente al di fuori di una visione sistemica di abbattimento del rischio. Solo con il Trattato di Maastricht[47] del 1993, la Comunità Europea ha cominciato a realizzare strumenti giuridici adatti a tracciare un quadro di riferimento a sostegno delle azioni specifiche da mettere in atto; l'articolo più significativo del Trattato, che ha sancito ufficialmente l'inizio di un percorso europeo verso l'obiettivo comune dell'abbattimento del numero di vittime è l'articolo 71 lettera c (ex art. 75 TCE) che ha attribuito alla Comunità Europea una specifica competenza normativa in ordine alle "misure atte a migliorare la sicurezza nei trasporti". Con il trattato vengono attribuiti all'Unione Europea poteri legislativi al fine di promuovere azioni per il miglioramento della sicurezza stradale, e nel rispetto dei principi di sussidiarietà, il sussidio finanziario per proposte ed iniziative, la redazione di guide di orientamento da usare su base volontaria, promozione delle procedure di raccolta ed analisi dei dati incidentali con danni alle persone (come realizzato per i database CARE[48]- o con il progetto STAIRS[49]).

---

[47] Il Trattato di Maastricht è l trattato sull'Unione Europea, che il 7 febbraio del 1992 venne firmato nell' omonima città olandese dai 12 Paesi membri dell'allora Comunità Europea, oggi Unione Europea, in vigore dal 1 novembre 1993.

[48] CARE- *Community database on the Accidents on Road in Europe.* E' un database comunitari in cui confluiscono I dati di incidenti con danni a persone dei Paesi europei aderenti. La peculiarità del sistema è quella di contenere un livello di dato molto aggregato ai fini fi poter analizzare la condizione incidentale della rete europea.
Fonte sito web IEHIAS,
http://www.integrated-assessment.eu/resource_centre/care_community_road_accident_database

[49] STAIRS[49] –*Standardization of Accidents and Injury Registration System,* è un progetto Il cui obiettivo è quello di creare standard di riferimento per la gestione di banche dati con livello di disaggregazione spinta, in un contest europeo, ai fini di agevolare l'interoperabilità e lo scambio di dati. (Vallet G. et al.1999).

Il 1992 è stato un anno fondamentale per la nascita di una cultura europea alla lotta all'incidentalità poiché la Commissione Europea ha presentato un programma di azione per la riduzione incidentale, senza tuttavia fissare una soglia di riferimento: sulla base di questo primo successo è iniziata un'azione sinergica tra i diversi Stati, fatta di azioni mirate e strutturate, che vive oggi uno dei suoi momenti di massima intensità. Di seguito una breve sintesi dei momenti fondamentali che hanno fatto maturare negli anni la moderna concezione di sicurezza stradale nella visione europea che naturalmente ha fortemente orientato le scelte nazionali.

4.1.1.1 Sicurezza è Libro Bianco 2001: La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte".

Sull'onda del trend positivo registrato dai programmi per la sicurezza stradali nel primo decennio in seguito al trattato di Maastricht si sono susseguite numerose azioni sul tema: tra le più importanti il Secondo programma di azione europeo "*Promuovere la sicurezza nell'Unione europea: il programma 1997-2001",* indicando come obiettivo per i Paesi Membri una riduzione del 40% del numero delle vittime. L'esito incoraggiante di tale azione ha spinto l'Unione Europea a modificare il proprio traguardo: frutto di una nuova ottica lungimirante è il primo Libro Bianco del 2001 "La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte" (Commissione Europea, 2001), che porta il traguardo per il 2010 ad un abbattimento del 50% del numero di morti in incidenti stradali rispetto al 2000.

Tale strumento ha favorito una riflessione sulla condizione all'inizio del nuovo millennio in Europa, che ha portato alla individuazione dei seguenti obiettivi generali:

- Realizzare una crescita maggiormente equilibrata tra le diverse modalità di trasporto: la modalità su strada rappresenta ormai il 44% del trasporto merci, rispetto al 41% della navigazione a corto raggio, ed il gap è ancora più marcato nel comparto passeggeri che vede il trasporto su strada al primo posto con una quota di mercato del 79%; Tale obiettivo deve essere raggiunto mediante intermodalità, promozione della crescita del trasporto ferroviario.
- Decongestionare i grandi assi e ridistribuire la viabilità: il fenomeno della saturazione è legata da un lato alla flessibilità del sistema stradale ed alla sua capacità di adattarsi al meglio alle necessità dell'economi a moderna, dall'altro alla mancanza di una rete di infrastrutture trans europea funzionale con creazione di corridoi preferenziali soprattutto per il trasporto merci e reti rapide dedicate ai passeggeri.
- Porre gli utenti al centro delle politiche di trasporto, ovvero renderli consapevoli, ridurre l'insicurezza, promuovere l'intermodalità.
- Controllare la mondializzazione dei trasporti

In particolare, in materia di sicurezza stradale il Libro Bianco propone, oltre ad un Nuovo programma d'azione, l'armonizzazione in materia di sanzioni, segnaletica e tassi alcolemia, introduzione delle nuove tecnologie e sistemi di trasporto intelligenti.

Emerge dalle pagine del Libro Bianco una nuova consapevolezza frutto di un nuovo approccio al problema della sicurezza stradale, che intravede nell'approccio sistematico e nelle nuove tecnologie strumenti vincenti per l'abbattimento dell'insicurezza; tale concetto è racchiuso nella frase seguente, che rappresenta il manifesto d'intenti di questo importante documento:

> *"L'Unione europea deve nel prossimo decennio perseguire l'ambizioso obiettivo di dimezzare il numero di vittime della strada a livello comunitario, grazie ad un'azione integrata che tenga conto sia della dimensione umana che di quella tecnica".*

Frutto del Libro Bianco del 2001 è il Terzo programma di azione per la sicurezza dal titolo "*Dimezzare il numero di vittime della strada entro il 2010: una responsabilità condivisa*" (Commissione europea, 2003 b); la denominazione fa trasparire la necessità primaria alla base del documento, ovvero il coinvolgimento richiesto da parte degli stati membri poiché le responsabilità in materia di sicurezza stradale sono ripartite tra diversi soggetti, in virtù del principio di sussidiarietà.

Al fine promuovere l'attuazione degli obiettivi contenuti nel Libro Bianco, il programma d'azione è articolato in sei principali settori di intervento relativi alla sicurezza, che toccano tutti i livelli di gestione, da quelli europei ella scala locale di soggetto privato e coinvolgono tutti i fattori del sistema strada:

- *Incoraggiare gli utenti a tenere un miglior comportamento*. Tale settore ha a che fare principalmente con la diffusione di una nuova cultura della sicurezza tra tutti gli utenti della strada, perseguibile mediante un'azione congiunta delle forze di polizia per la funzione di controllo e e dall'altro azioni di sensibilizzazione e formazione.
- *Sfruttare il progresso tecnico per rendere i veicoli più sicuri.* Lo sviluppo di questo punto prevede una larga diffusione di sistemi di protezione attiva e passiva a bordo veicolo, e un'azione di formazione sui benefici che da essi possono derivare in fase incidentale, risale infatti a tale azione il programma EuroNCAP[50].
- *Incoraggiare il miglioramento delle infrastrutture stradali.* Uno dei propositi di questo azione riguarda la volontà dell'Unione Europea di istituire una modalità comune di valutare l'impatto sulla sicurezza, mentre in relazione all'esistente si vogliono realizzare procedure per la valutazione delle criticità sulla rete, con particolare riferimento alla rete stradale transeuropea *T-Ten*[51], la diffusione dei servizi di infomobility e ICT, supportati anche dalla diffusione del sistema di posizionamento satellitare Galileo.
- *Incrementare la sicurezza nel trasporto stradale di merci e passeggeri.* Obiettivo raggiungibile mediante l'azione sinergica di azioni di prevenzione e sensibilizzazione e la messa in funzione di dispositivi di monitoraggi della condotta dei conducenti di mezzi pesanti e metodologie di analisi più accurate sui loro impatti.
- *Migliorare il soccorso alle vittime della strada.* Si vuole favorire la diffusione delle migliori pratiche atte a garantire l'efficacia e la tempestività delle cure mediche in caso di incidente.
- *Ottimizzare la raccolta, l'analisi ei la diffusione dei dati sugli incidenti.* Al fine di realizzare analisi di sicurezza sulla mobilità in ambito europeo di rende necessario disporre di banche dati consistenti e sufficientemente disaggregati per poter analizzare le cause, le circostanze e le conseguenze degli incidenti. Figurano come esempi virtuosi in questo senso il database CARE e il progetto STAIRS già citati.

I traguardi e gli obiettivi proposti dall'Unione Europea non hanno il carattere dell'obbligatorietà, per tale ragione la sinergia e la condivisione di una prospettiva comune riguardo un fenomeno trasversale come quello dell'insicurezza stradale assume il ruolo di obiettivo mobilitatore, finalizzato al raggiungimento del target in maniera congiunta ed equilibrata tra i diversi Stati.

[50] EuroNCAP è il programma europeo di valutazione dei nuovi modelli di automobile.

[51] Le reti denominate TEN-T, dall'inglese Trans-European Networks - Transport, sono state delineate dall'Unione europea negli anni ottanta e costituisce auna rete di trasporto mudimodale che interessa il territorio europeo. Fonte sito web Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
http://www.mit.gov.it/mit/site.php?p=cm&o=vd&id=1250

Proprio per rendere più agevole la cooperazione la diffusione di buone pratiche l'Unione Europea ha emanato, all'inizio del 2004, la Carta Europea sulla Sicurezza Stradale[52], che invita tutti i soggetti firmatari nell'impegno di attività congiunte e alcune azioni specifiche per il raggiungimento dei traguardi posti dall'Europa. Numerose sono infatti state le iniziative nazionali frutto di questo primo approccio integrato al tema della sicurezza stradale, che nel nostro Pese si è tradotto, ad esempio, nel Piano Nazionale della sicurezza stradale e successive azioni.

4.1.1.2 La direttiva Europea 2008/96/CE per la sicurezza stradale

Uno dei prodotti più innovativi del Terzo Programma d'azione è stata la Direttiva quadro in materia di sicurezza stradale "*Gestione della sicurezza nelle infrastrutture stradali*" (Parlamento Europeo, 2008), finalizzata ad una management armonizzato della sicurezza stradale in termini di metodologie e criteri, ai fini di diffondere le *best practices* seguite all'interno dei Paesi membri e raggiungere operativamente un paritario livello di sicurezza sulle strade appartenenti alla rete stradale TERN.

Con la Direttiva il tema della "Sicurezza stradale " viene considerato come criterio al pari di altri come ambiente, funzionalità di deflusso veicolare, consumo del territorio e costi, nei processi di valutazione e scelta degli investimenti in infrastruttura. La sicurezza viene riconosciuta quindi come un problema sociale, tanto che, per rendere efficace tale processo, è necessario incoraggiare nei soggetti interessati la consapevolezza dell'importanza di tale aspetto così da facilitare la sua introduzione all'interno dei tavoli di lavoro dei processi decisionali e pianificatori.

Coerentemente con il Terzo programma d'azione, la Direttiva individua nell'infrastruttura stradale il terzo pilastro della politica di sicurezza, attribuendole un elevato potenziale migliorativo al sistema della sicurezza proprio per l'influenza che essa esercita sulle altre componenti del sistema. Con la Direttiva la Commissione Europea ha voluto affrontare in maniera sistematica il problema della sicurezza, ponendo al centro l'elemento strada poiché obiettivo realmente raggiungibile e a elevato potenziale migliorativo, soprattutto con politiche scarsamente orientate alla costruzione di nuove infrastrutture ma alla gestione ottimizzata e all'adeguamento dall'esistente.

La direttiva nasce dalla convinzione della Commissione Europea che per migliorare la sicurezza stradale, non è sufficiente agire solo sui comportamenti degli utenti e sui veicoli; al n. 4 delle premesse si afferma, infatti, "*che negli ultimi anni si sono fatti notevoli progressi nella progettazione dei veicoli che hanno contribuito alla riduzione degli incidenti stradali, ma per conseguire l'obiettivo fissato per il 2010 è necessario agire anche in altri ambiti. La gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali offre un ampio margine di miglioramento, che deve essere sfruttato*". Per questo motivo essa comprende un insieme di misure orientate all'analisi dell'elemento stradale, in rapporto alle alter componenti del sistema strada, che percorre l'intero processo evolutivo di una infrastruttura: dalla progettazione, all'adeguamento all'analisi in fase di esercizio.

[52] La Carta Europea sulla Sicurezza Stradale, come definito nel sito di riferimento *European Road Safety Charter* è "una piattaforma partecipativa costituita da aziende, associazioni, istituti di ricerca ed enti pubblici. Questi attori intraprendono azioni concrete e condividono le buone pratiche per risolvere i problemi relativi alla sicurezza stradale che constatano quotidianamente nell'ambiente circostante. L'obiettivo della Carta consiste nel contribuire a limitare il numero delle vittime della strada."
Fonte sito web *European Road Safety Charter;*
http://www.erscharter.eu/it

In particolar essa si fonda su quattro strumenti operativi, detti "pilastri della direttiva", come riportato in Figura 44, che riguardano:

- Valutazione impatto sulla sicurezza VIA o Road Safety Impact Assessment, richiamata all'art.3 della Direttiva e definita (art. 2) come: "*un'analisi comparativa strategica dell'impatto di una nuova strada o di una modifica sostanziale della rete esistente sul livello di sicurezza della rete stradale".* Essa viene eseguita in fase di pianificazione dell'opera , fornendo un quadro degli effetti prodotti dalle azioni, e fornisce tutti glie elementi per un'analisi Cost-Benefit.
- Controllo della sicurezza stradale per i progetti di infrastruttura o Road Safety Audit, richiamato all'art 4, è definiti come: *"controllo della sicurezza accurato indipendente, sistematico e tecnico delle caratteristiche di un progetto in costruzione di un'infrastruttura stradale, nelle diverse fasi dalla pianificazione al funzionamento iniziale."* Essi costituiscono parte integrante del processo di realizzazione di un infrastruttura, mettono in luce gli aspetti che possono rivelarsi pericolosi così da operare una loro modifica prima del termine della progettazione della fase in corso.
- Classificazione e gestione della sicurezza della rete stradale aperta al traffico o *Network Safety Management*, definita all'art. 5, consiste nell'analisi di due aspetti fondamentali dell'analisi di sicurezza stradale: a) Classificazione dei tratti a elevata concentrazione incidentale, definita all'art 2 come: *"metodo per individuare, analizzare e classificare i tratti della rete stradale aperti al traffico da oltre tre anni e un cui è stato registrato un numero considerevole di incidenti mortali in proporzione al flusso di traffico". b)* Classificazione della sicurezza della rete aperte al traffico, definita all'art 2 come: "*un metodo per individuare analizzare e classificare i tratti della rete stradale esistente in funzione del loro potenziale di miglioramento della sicurezza e di risparmio di costi connessi agli incidenti".* La classificazione viene effettuata da team di esperti , con il fine dell'individuazione dei "tratti neri", sui quali procedere con visite in loco.
- Ispezioni di sicurezza o Road Safety Inspection, richiamate all'art 6, sono definite (art.2) come: "*La verifica ordinaria e periodica delle caratteristiche e dei difetti che esigono un intervento di manutenzione per ragioni di sicurezza".* Esse sono finalizzare all'individuazione delle esigenze di manutenzione della rete sotto li profilo della sicurezza.

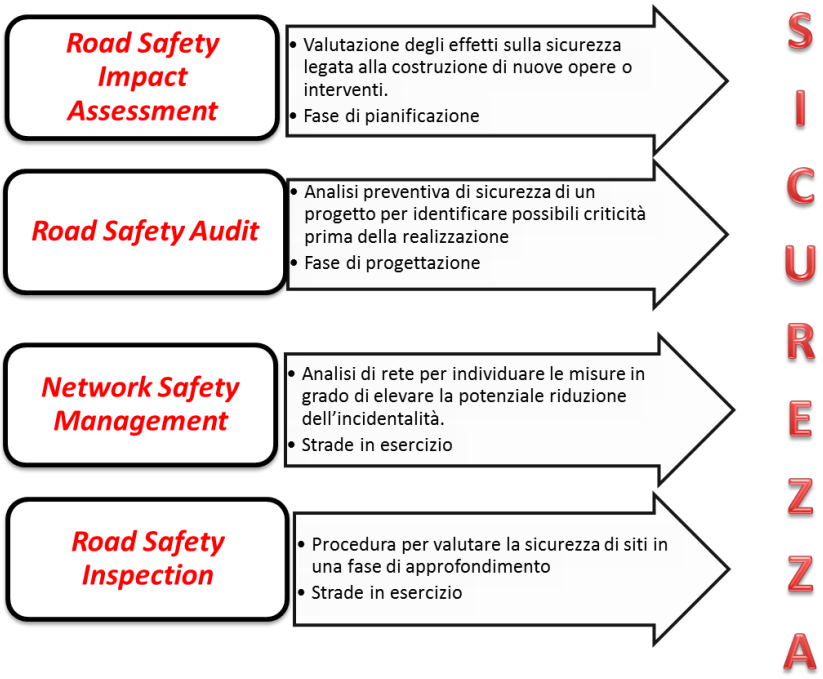


Figura 44:Livelli di gestione della sicurezza secondo la direttiva

E' evidente che l'obiettivo della Direttiva è quello di assicurare che la sicurezza sia un elemento di valutazione presente in tutte le fasi che vanno dalla pianificazione all'entrata in esercizio di una strada; inoltre in alcuni stati membri dell'Unione Europea tali procedure già sono in uso , sebbene con diversi livelli di applicazioni. La direttiva vuole diffondere tali misure su tutto il territorio comunitario, con priorità alla rete TEN, lasciando ai singoli Stati la possibilità di dettagliare le proprie procedure, seppur all'interno delle linee generali tracciate.

In occasione del High Level Expert Group del 2006, è stato tracciato un quadro del livello di diffusione dei quattro strumenti della normativa ottenendo i risultati riportati in Tabella 15 evidenziano che lo strumento meno diffuso è la Valutazione dell'Impatto della Sicurezza, la stessa tendenza si riscontra in Italia, dove gli strumenti per la classificazione dei tratti critici e le ispezioni sono date per note, quanto in realtà la loro applicazione è ad oggi ancora carente.

Road Safety Impact Assessment	AT	BE	CY	CZ	**DE**
	DK	EE	EL	ES	**FI**
	FR	HU	IE	IT	**LT**
	LU	LV	MT	**NL**	PL
	PT	SE	**SI**	**SK**	UK
Road Safety Audits	**AT**	BE	CY	**CZ**	**DE**
	DK	**EE**	**EL**	ES	**FI**
	FR	**HU**	**IE**	**IT**	**LT**
	LU	**LV**	**MT**	**NL**	**PL**
	PT	SE	**SI**	SK	**UK**
Network Safety + High-Risk Road Section Management	**AT**	BE	**CY**	**CZ**	**DE**
	DK	**EE**	**EL**	**ES**	**FI**
	FR	**HU**	**IE**	**IT**	**LT**
	LU	**LV**	**MT**	**NL**	**PL**
	PT	SE	**SI**	**SK**	**UK**
Road Safety Inspections	**AT**	BE	CY	**CZ**	**DE**
	DK	**EE**	**EL**	ES	**FI**
	FR	**HU**	**IE**	**IT**	**LT**
	LU	**LV**	**MT**	**NL**	PL
	PT	SE	SI	**SK**	UK

Tabella 15:Diffusione degli strumenti della normativa nell'EU25- (AIPCR, 2010 a)

Gli strumenti forniti dalla Direttiva sono fondamentali per l'individuazione delle azioni da mettere in atto per abbattere il livello di pericolosità delle infrastrutture, a partire della rete TEN, per poi giungere in maniera graduale e gerarchizzata, alla completa classificazione della rete nazionale fino ai livelli , in relazione ai principi di sussidiarietà per la quale la direttiva rappresenta codice di buone prassi, ma tarate sulle reali esigenze della realtà territoriale. Altre fondamentali innovazioni riguardano l'importanza attribuita all'informazione, riconosciuta come strumento strategico per l'abbattimento del rischio poiché consente all'utente di adeguare la propria condotta di guida di fronte a situazioni altrimenti inaspettate, e la rilevanza delle nuove tecnologie che possono notevolmente contribuire a ridurre il numero degli incidenti stradali mediante la conoscenza del territorio, e il monitoraggio del sistema strada.

4.1.1.3 Programma 2011 - 2020 sulla sicurezza stradale: misure dettagliate (MEMO/10/343 del 20/07/2010)

Nel luglio del 2010 la Commissione Europea ha adottato un programma ambizioso per il prossimo decennio (2011-2020), finalizzato alla riduzione al 50% del numero di vittime della strada. Il programma mira a raggiungere tali obiettivi tramite una serie di azioni che interessano la sicurezza del sistema strada nelle sue diverse componenti *uomo-strada-veicolo*.

Il programma, articolato in sette azioni, vanta un elevato contenuto tecnologico ed innovativo, totalmente orientato al raggiungimento dell'obiettivo del drastico abbattimento del numero di vittime della strada, facendo dell'integrazione delle conoscenze e della sistematicità degli obiettivi i maggiori punti di forza. Essi sono identificabili nei:

- Misure per migliorare la sicurezza dei veicoli. Il precedente programma riferito al decennio 2001-2010 ha apportato benefici alla sicurezza intervenendo su sistemi di sicurezza passivi, orientati a mitigare gli effetti degli incidenti sugli occupanti del mezzo (cinture di sicurezza e gli airbag); il programma previsto per il prossimo decennio vede nella diffusione ed implementazione di sistemi di sicurezza attivi uno dei principali punti di forza, come i sistemi di controllo della stabilità, sistemi di assistenza alla guida, limitatori di velocità.
- Realizzare infrastrutture stradali più sicure. Il principale elemento innovativo legato alla gestione delle infrastrutture riguarda l'estensione alle rete non TEN della procedura di analisi di sicurezza , a partire dal processo di pianificazione fino alla verifica in esercizio.
- Incrementare le tecnologie intelligenti. La Commissione punta fortemente sulle ITS al fine di abbattere le responsabilità degli utenti nei meccanismi di innesco delle dinamiche incidentali, proponendo pacifiche tecniche e protocolli per lo scambio dei dati e di informazioni tra veicoli e infrastruttura
- Rafforzare l'istruzione e la formazione per gli utenti della strada. La formazione dell'utente è un forte volano per migliorare le condizioni della mobilità sicura, poiché egli è l'elemento più incline all'errore e caratterizzato da variabilità.
- Migliorare i controlli. E' previsto il rafforzamento delle azioni di controllo e repressive al fine di garantire la massima applicazione rispetto delle prescrizioni in materia di sicurezza (cinture di sicurezza, limiti di velocità, guida in stati alterati); tale aspetto altamente incidente in vista del perseguimento degli obiettivi di riduzione dei morti e feriti sulla strada.
- Fissare un obiettivo per i feriti della strada. Rappresenta l'obiettivo prioritario delle azioni europee per il prossimo decennio; si rende necessario definire le strategie e i traguardi da raggiungere in modo coeso.

- Maggiore attenzione ai motociclisti. La Commissione concentrerà in particolare la sua attenzione sui motocicli e su altri "veicoli a due ruote a motore" (PTW)., poiché l'andamento del numero di vittime legate a tale modalità di trasporto non ha registrato una riduzione inferiore rispetto alle altre classi veicolari.

Dall'analisi degli obiettivi emerge una forte spinta all'innovazione e al cambiamento, resa possibile attraverso una visione integrata della sicurezza stradale, imperniata sul miglioramento sinergico ed equilibrato sui tre elementi principali del sistema strada: uomo ambiente veicolo e attraverso l'impiego delle nuove tecnologie.

4.1.1.4 Libro Bianco 2011: Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti - Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile

La Commissione Europea ha adottato nel dicembre 2011 il nuovo Libro Bianco sulle politiche dei trasporti, alla luce delle emergenze e dei risultati emersi nel primo decennio di azione sinergica degli Stati Europei verso l'abbattimento del numero di vittime della strada. Nelle prime righe del documento viene ribadita l'importanza della mobilità sia nel settore economico e sia nella realizzazione della vita sociale dei cittadini, richiamando la necessità di un approccio cooperativo tra gli Stati.

L'obiettivo principale del Libro Bianco è quello di creare un sistema competitivo che aumenti la mobilità, che minimizzi gli ostacoli allo spostamento di persone e merci ai fini della crescita nazionale, e riduca la dipendenza dei Paesi Europei dall'importazione di petrolio e orientato all' abbattimento delle emissioni di gas serra del 85-90% entro il 2050 rispetto ai livelli del 1990. Il trasporto gioca un ruolo fondamentale per il raggiungimento di questi obiettivi, infatti il documento individua tre obiettivi per abbattere le emissioni che si dovranno ridurre del 60% entro il 2020: migliorare l'efficienza dei veicoli attraverso l'uso di carburanti e sistemi di alimentazione sostenibili, ottimizzare le prestazioni della catena logistica multimodale e puntare sull'uso efficiente delle infrastrutture grazie ai sistemi di gestione informatizzata del traffico e di nuove tecnologie ITS.

Il tema della sicurezza stradale è visto come naturale proseguimento dell'obiettivo posto al 2010 del precedente Libro Bianco, ed in vista dell'avvicinarsi dell'obiettivo finale al 2050 (Toward Zero[53]) dell'abbattimento del fenomeno della mortalità per incidenti stradali, il nuovo obiettivo prevede la riduzione del 50% del numero di vittime al 2020. All'infrastruttura è ancora riconosciuto un ruolo centrale nella prospettiva di miglioramento della mobilità sicura e sostenibile, poiché , come riportato nel testo del documento:

> *L'infrastruttura determina la mobilità. Non è possibile realizzare cambiamenti di grande portata nel mondo dei trasporti senza il sostegno di un'adeguata rete e un uso più intelligente della stessa. Globalmente gli investimenti nell'infrastruttura di trasporto hanno un impatto positivo sulla crescita economica, creano ricchezza e occupazione e migliorano gli scambi commerciali, l'accessibilità geografica e la mobilità delle persone ma devono essere pianificati in modo massimizzarne l'impatto positivo sulla crescita economica e da ridurne al minimo le conseguenze negative per l'ambiente.*

[53] Toward Zero è l'obiettivo posto dal Gruppo di studi Internazionale di esperti in materia di sicurezza stradale istituito daal Joint Transport Research Center che dopo te anni di lavoro ha illustrato l'obiettivo dell'annullamento del numero di vittime entro il 2050 nel documento " Toward Zero: Ambitious Road Safety Target and the Safe System Approach" (OECD-ITF, 2008).

Contemporaneamente vengono messe in luce le problematiche della congestione e della scarsa equità nella ripartizione delle infrastrutture in ambito europeo, sollecitando la necessità di una riorganizzazione dei sistemi di trasporto che deve passare per l'intermodalità e la valorizzazione di sistemi alternativi, compatibili con l'obiettivo globale legato alla riduzione degli impatti.

4.1.2 SICUREZZA STRADALE IN ITALIA

Il tema della sicurezza stradale ha iniziato ad assumere una valenza comparabile ai livelli europei sono sul finire degli anni 80, quando i legislatori italiani hanno preso coscienza della condizione di emergenza e di arretratezza in cui il nostro sistema di mobilità stradale si trovava.

Il primo passo legislativo verso una innovativa concezione della sicurezza stradale è stato il Nuovo Codice della Strada (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 1992), documento all'avanguardia che ha introdotto una nuova visione in materia di circolazione stradale in un'ottica integrata tra i diversi elementi del sistema, mettendo inoltre in luce l'importanza delle nuove tecnologie come ausilio alla gestione e all'analisi delle condizioni dell'infrastruttura.

La necessità di una "politica nazionale della sicurezza stradale" è stata manifestata in maniera più vigorosa con la Prima Relazione al Parlamento sullo stato della sicurezza stradale del 1998, in cui, come riportato in Cialini P.,(2002), veniva evidenziato il bisogno di un approccio integrato che comprendesse interventi su tutti molteplici fattori che possono determinare l'insicurezza. Il documento inoltre evidenzia la presenza sul territorio nazionale di particolari aree o tratte stradali "il rischio di avere un incidente con esiti mortali arriva ad essere oltre 10 volte più elevato che in altre *" e asserisce che "fattori territoriali, ambientali ed infrastrutturali e il tipo di mobilità presente in una determinata area incidono in modo determinante sui livelli di sicurezza, ben più dei comportamenti individuali". Tale* documento porta quindi alla luce la necessità di un piano multisettoriale di intervento per la riduzione del fenomeno incidentale sulle strade della nazione, richiesta che trova coronamento nel 1999 con l'istituzione del Piano Nazionale delle Sicurezza Stradale (Ministero dei Lavori Pubblici, 2000), che, coerentemente con gli indirizzi europei, fissa l'obiettivo della riduzione del 40 % del numero delle vittime della strada entro il 2010 e definisce inoltre gli obiettivi e i settori di intervento a livello nazionale. Al piano sono seguiti gli "Indirizzi Generali e Linee Guida di Attuazione del Pino Nazionale della Sicurezza Stradale", documento che definisce i diversi settori di intervento. Il Piano Nazionale e gli strumenti da esso scaturiti, sono propedeutici alla creazione di una nuova cultura della sicurezza stradale, e necessari per la realizzazione di un'azine sistematica di contrasto e eliminazione delle cause di rischio sulla strada.

4.1.2.1 Piano Nazionale della Sicurezza Stradale e strumenti attuativi

Gli Indirizzi Generali e le Linee Guida di Attuazione del Piano evidenziano una innovativa visione al problema della sicurezza stradale fondata su di un approccio multidisciplinare che vede nella diffusione di una nuova cultura della mobilità, nella formazione tecnica, informazione e sensibilizzazione degli utenti le chiavi per perseguire l'abbattimento del rischio stradale.

Dalla nuova struttura di strumenti per la sicurezza stradale emergono tre principi di riferimento:

- Contrastare i fattori di rischio incidentale con un'azione sistematica in modo integrato su tutti gli elementi del sistema strada;
- La specificità delle azioni del piano, volte a migliorare aspetti particolari di sicurezza non raggiunti con metodologie tradizionali;

- Adozione di criteri di concentrazione, sussidiarietà e partenariato sia per la definizione dei contenuti di piano e per la sua attuazione.

Le linee d'azione individuano sette fasi orientate da un lato ad incentivare la conoscenza in materia di sicurezza e rischi connessi alla mobilità e strumenti per la raccolta e diffusione delle informazioni, mentre dall'altro tendono a sviluppare metodologie per la definizione del livello di rischio delle infrastrutture prevenzione, misure per la mitigazione delle conseguenze, come riportato in Figura 45.

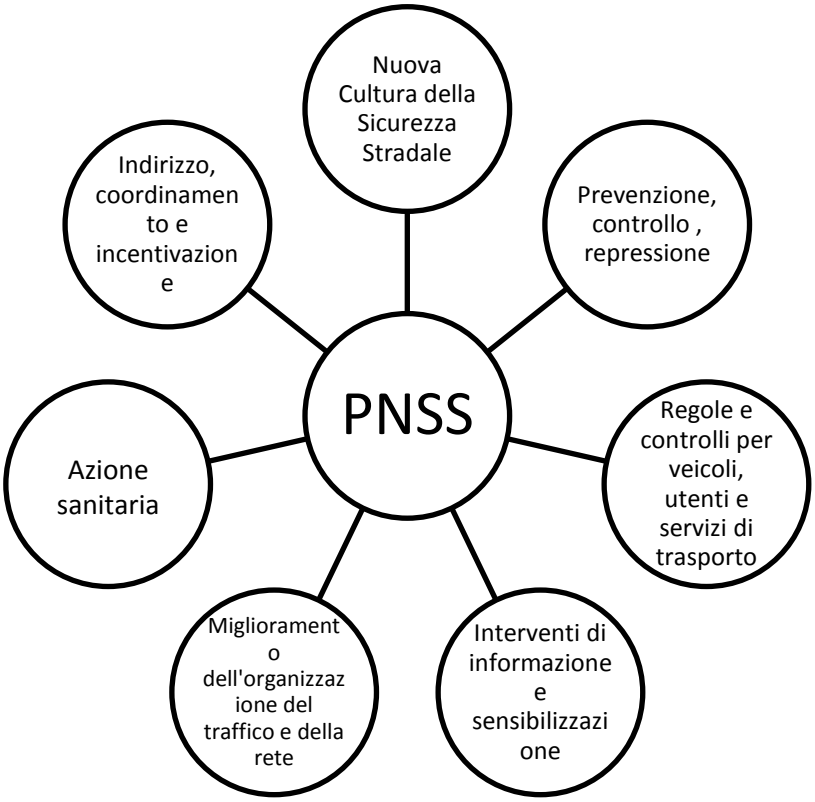


Figura 45:Linee d'azione contenute negli Indirizzi Generali del Piano

Tra le diverse azioni senza dubbio una delle più importanti riguarda l'individuazione delle tratte critiche , che presentano cioè maggiori concertazioni di vittime per incidenti stradali , l'analisi dei fattori di rischio e la definizione delle alternative possibili. Si evidenzia la necessità di metodologie di analisi incidentale e analisi di sicurezza in grado di fornire risultati sensati e comparabili: gli strumenti operativi che a livello nozionale hanno fornito tali indicazioni sono le "Linee guida per le analisi di sicurezza delle strade" (Ministero dei Lavori Pubblici, 2001),nella quale sono definiti in maniera organica il sistema di obiettivi, vantaggi e procedere da intraprendere per la completa progettazione e gestione di un'opera nell'ottica della sicurezza stradale. Si evince tuttavia la comunione di principi tra tale documento e la successiva Direttiva Comunitaria e di conseguenza l'elevato fattore di innovazione proprio di tale visione .

In relazione alla sussidiarietà il Piano Nazionale si articola a scala territoriale nei Piani della Sicurezza Stradale Urbana (PSSU) , nei Piani provinciali (PPSS) e in quelli Regionali della Sicurezza Stradale(PRSS), strumenti che, collocandosi ai livelli finali della gerarchia della pianificazione, sono caratterizzati da maggior dettaglio e presentano proposte per la soluzione di precise situazioni territoriali, poiché vedono nei progetti presentati dagli Enti locali i loro strumenti attuativi.

4.1.2.2 DM 1/6/2001: Modalità di Istituzione ed aggiornamento del Catasto delle Strade

Uno dei prodotti della nuova visione di sicurezza basata sulla conoscenza profonda dell'ambiente stradale e delle sue dinamiche è il Catasto delle Strade istituito con il D.M. 1/06/2001 :"*Modalità di istituzione ed aggiornamento del Catasto Stradale"* (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti , 2001a), strumento di grande modernità e completezza che sancisce l'obbligatorietà per gli Enti proprietari e preposti alla gestione delle infrastrutture di disporre di una banca dati aggiornata e in linea con gli standard emanati, come previsto già dal Codice della Strada (art.13).

Il Catasto Stradale viene introdotto con lo scopo di realizzare un sistema informativo territoriale il cui obiettivo primario è la definizione della consistenza della rete stradale nazionale, sotteso da una adeguata e standardizzata architettura di dati, in grado di descrivere compiutamente tutti gli aspetti geometrici e funzionali dell'infrastruttura, necessari per una corretta manutenzione ed analisi della strada. Un tale strumento, con finalità di gestione e consultazione di un gran numero di informazioni presenterà necessariamente una struttura articolata e ben definita, come descritto nella norma di riferimento facendo riferimento agli standard "Geografhic Data Files" (GDF), versione 3.0 del 1995 dettati dal documento redatto dal Technica Comitee 278 del CEN, prevedendo un'architettura hardware di tipo client/server con possibilità di collegamento in rete ai fini della consultazione da parte di terzi.

Il prodotto consiste in un modello della rete stradale, la cui struttura è organizzata su tre livelli, caratterizzati da diverso grado di aggregazione:il livello 0 è di tipo cartografico e le diverse entità sono rappresentate dalle primitive geografiche "Nodo", "Arco" e "Superficie", che descrivono la rete stradale con punti e segmenti. Il livello 1 è una rappresentazione topologica, ed è assunto come base di riferimento per gli elementi del Catasto ed in esso viene descritta la mappa in termini di entità elementari, quali l'Elemento Stradale (Road Element), la Giunzione (Junction), l'Area di Traffico (Enclosed Traffic Area); tale livello di rappresentazione viene citato del D.M. in esame come base di riferimento per gli elementi del Catasto Stradale. Il livello 2, consiste in una generalizzazione del livello 1 e si ottiene per aggregazione (o composizione) di entità elementari nelle entità complesse Strada e Intersezione.

Il suo legame con il tema della sicurezza stradale è da ricercare nella funzione di base informativa necessaria alla descrizione e alla caratterizzazione delle condizioni dell'infrastruttura ai fini di un'attenta e oculata gestione, richiedendo un elevato grado di dettaglio ed accuratezza nelle informazioni. Tale requisito lo ha reso molto oneroso sia dal punto di vista realizzativo ed economico, (per i costi di acquisizione e gestione) e sia per la mole computazionale e l'architettura complessa da costruire e mantenere in termini soprattutto di aggiornamento del dato: in un momento storico in cui gli Enti gestori della rete non dispongono di elevate risorse la diffusione di un sistema così articolato si è rivelata ardua, sancendo la crisi di questo strumento, ancor prima della sua massiva diffusione. Tuttavia dinanzi all'emergenza dell'incidentalità è necessario munirsi di strumenti affidabili per analizzare il contesto stradale, in linea con i principi europei e che tendano, nelle procure e nei prodotti ,ad un buon grado di standardizzazione si fini dell'interoperabilità: la struttura del Catasto, depurata degli attributi che poco hanno a che vedere con la tematica della sicurezza, può essere una perfetta base conoscitiva per la caratterizzazione del livello di rischio della rete stradale.

4.1.2.3 DM/5/11/2001: Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade

Il Decreto Legislativo (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2001b) tratta l'aspetto specifico relativo alla progettazione geometrica delle infrastrutture viarie in Italia; la sua peculiarità è quella di introdurre dettami specifici in relazione agli elementi compositivi lo spazio stradale al fine di innalzarne i livelli si sicurezza e comfort per gli utenti, e di renderli obbligatori in tutte le opere di nuova realizzazione in virtù del carattere di cogenza della norma. Benché principalmente orientato alle strade di nuova costruzione, si estende la sua validità come norma di puro riferimento anche per gli interventi di adeguamento a causa di un vuoto legislativo: il DM 22/4/2004 (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2004) apportando modifiche al precedente, imponeva l'emanazione di nuove norme atte a regolare gli interventi di adeguamento delle strade esistenti, principalmente finalizzate all'innalzamento dei livelli di sicurezza e al miglioramento della circolazione. L'assenza di una normativa con carattere di cogenza, ha determinato negli anni, la costruzione di un patrimonio stradale caratterizzato da grave disomogeneità strutturale, con evidenti lacune in termini di sicurezza, ed ostacolando una standardizzazione necessaria alla valutazione degli standard minimali da garantire per una mobilità sicura. Le precedenti norme infatti (CNR , 1980)non avevano carattere di cogenza ma rappresentavano raccomandazioni di buona pratica per il progettista, con funzione di riferimento anche per le opere di adeguamento, con evidenti facilitazioni per il progettista. Tuttavia vista l'emergenza del problema dell'incidentalità e la necessità di conseguire gli obiettivi dell'Unione Europea in materia di sicurezza, il Nuovo Codice della Strada ha attribuito (art.13) al decreto di riferimento un materia di progettazione carattere di cogenza.

Un fattore innovativo che contraddistingue la norma consiste nell'introduzione del fattore umano nel processo di progettazione: si introduce il concetto di percezione dello spazio stradale, ponendo tra le verifiche di progettazione quella del coordinamento plano –altimetrico del tracciato, viene introdotto il diagramma delle velocità che rappresenta il modello di guida di un utente mediamente abile alla guida, secondo le scelte progettuali effettuate, e vengono prese in considerazione le interazioni uomo-macchina in termini di tempi di reazione.

Il Decreto, ai fini di un'analisi di sicurezza, rappresenta un riferimento per la gerarchizzazione della rete e per la definizione di standard geometrici e funzionali per la classificazione delle caratteristiche dell'infrastruttura, nonostante i limiti e le difficoltà di applicabilità precedentemente analizzate.

4.1.2.4 Decreto legislativo n35 del 15 marzo 2011: "Attuazione della Direttiva 2008/96/CE sulla gestione delle infrastrutture stradali"

Un passo molto atteso verso l'attuazione di efficaci misure per l'abbattimento dell'insicurezza stradale, è stato compiuto in Italia con il recente Decreto di Attuazione della Direttiva 2008/96/CE sulla gestione delle infrastrutture stradali: esso costituisce l'atto formale che introduce a pieno titolo gli studi di sicurezza tra le fasi di progettazione e gestione di una infrastruttura stradale. Coerentemente con la Direttiva europea da cui discende, il decreto prevede un ambito di attuazione identificato nella sola rete TEN, siano esse in fase di progettazione, costruzione o esercizio; per le altre tipologie di strade la direttiva rappresenta "norme di principio", in vista dalla scadenza presente all'art.1 comma 3 che sancisce la necessità di applicazione del decreto alle strade della rete di interesse nazionale a partire dal 1° gennaio

2016 e per quelle di interesse regionale e quelle delle province autonome il limite è previsto al 2020.

Il decreto definisce le procedure da seguire per la gestione della sicurezza delle strade, in analogia con quanto riportato dalla Direttiva europea, le fasi di :

- valutazione di impatto sulla sicurezza stradale per i progetti di infrastruttura VISS,
- controlli della sicurezza stradale,
- gestione della sicurezza della rete stradale,
- ispezioni di sicurezza.

Nel documento viene altresì richiamata l'importanza della disponibilità e dell'accuratezza del dato ai fini di condurre analisi veritiere.

Le "Linee Guida per la Gestione della Sicurezza delle Infrastrutture Stradali ", emanate ai sensi dell'art.8 del Decreto, fanno chiarezza sul tema della classificazione della sicurezza della rete stradale in Italia: esse forniscono i criteri e le modalità di azione per l'effettuazione dei controlli sui progetti , per l'esecuzione delle ispezioni di sicurezza sulle infrastrutture esistenti e per l'attuazione della procedura di classificazione della rete stradale in relazione all'insicurezza riscontrata. Esse hanno lo scopo di favorire un'azione coordinata e sinergica tra gli attori coinvolti nel processo di gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali, vale e dire Enti territoriali, Organi competenti, Enti proprietari e gestori delle strade. Ne emerge un quadro coeso di azioni integrate tra i vari settori e i soggetti al fine dell'individuazione la mitigazione delle fonti di insicurezza sull'infrastruttura.

L'innovazione legata a tale procedura risiede nell'approccio preventivo che caratterizza le pratiche di analisi di sicurezza: non più un metodo proattivo, legato alla sola analisi incidentale, ma una visione integrata tra metodologia atta all'analisi della storia del luogo, intermini di eventi critici e la caratterizzazione dell'infrastruttura dal punto di vista geometrico e funzionale al fine di pervenire all'individuazione delle situazioni potenzialmente generatrici di incidenti.

Il tratto distintivo ai fini della valutazione della sicurezza di strade in esercizio risiede nelle fasi ispettive del processo: gli esperti nella fase di rilievo compilano apposite check list con lo scopo di caratterizzare l'infrastruttura stradale e l'ambiente circostante negli attributi che più hanno a che fare con il tema della sicurezza, analizzati attraverso la prospettiva interna dell'utente. Le ispezioni di sicurezza infatti da un lato analizzano le carenze strutturali oggettive, mentre dall'altro, attraverso la sensibilità sviluppata dai tecnici, la strada viene analizzata attraverso la percezione dell'autista, al fine di comprendere il livello di rischio cui egli è sottoposto.

4.2 Smart Mobility e ITS

I principi di sostenibilità, sicurezza ed intermodalità propri della concezione di Smart Mobility e l'innovazione legata all'introduzione delle tecnologia ICT e ITS all'interno dei processi di gestione delle mobilità sono gli elementi centrali di molti documenti di indirizzo a livello europeo e nazionale. Così come la sicurezza stradale, anche la necessità di ricorrere a soluzioni tecnologicamente avanzate ed efficaci per la comprensione e la gestione di dinamiche complesse come quella dell'incidentalità connessa a carenze di sicurezza nell'esercizio viario, è un problema comune a molti Paesi Europei. Su questa linea quindi i documenti di indirizzo come i Libri Bianchi del 2001 e successivamente del 2011 hanno posato le basi per una nuova cultura della sicurezza stradale fondata su una politica europea egli ITS, orientata all'abbattimento del fenomeno incidentale e alla mitigazione dei suoi effetti sull'ambiente.

4.2.1 QUADRO NORMATIVO DEGLI ITS IN EUROPEA

Uno dei primi passi del cammino europeo verso la mobilità intelligente, mirato all'introduzione di una forte componente di innovazione tecnologica risale al 2006 in occasione della Comunicazione della Commissione Europea sull'iniziativa "*Automobile intelligente - Sensibilizzazione all'uso delle TIC per dei veicoli più intelligenti, più sicuri e più puliti*" (Commissione delle Comunità Europea, 2006). Il documento evidenzia l'importante apporto delle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione poiché abilitanti alla realizzazione di veicoli più intelligenti, ecologici e sicuri, contribuendo così al raggiungimento degli obiettivi europei. L'ambizioso progetto dei veicoli intelligenti è finalizzato all'abbattimento dei fattori di rischio della mobilità, con particolare riferimento al fattore umano, all'interno di un'ottica integrata che, arricchita dal contributo delle ICT, riesce a creare un sistema che tende a forme diverse di equilibrio tra i tre elementi principali del sistema strada grazie all'informazione condivisa. Sono state pietre miliari per il cammino verso la smart mobility, conferendo una spinta alle politiche di introduzione dei sistemi intelligenti all'interno dei processi di gestione dei trasporti i Libri Bianchi del 2001e del 2011, precedentemente descritti, in grado di aprire la via ad una nuova visione del sistema dei trasporti che fa della comunicazione tra gli elementi del sistema e dell'integrazione tra le diverse modalità principi fondanti di una nuova concezione di mobilità sicura e sostenibile, orientata all'ottimizzazione del patrimonio esistente mediante le tecnologie ITS, all'abbattimento del numero di vittime e alla riduzione delle esternalità negative ambientali.

Altri riferimenti importanti che cito ai fini della completezza del quadro di riferimento sono il "Libro Verde :"Verso una nuova cultura per la mobilità urbana" (Commissione Europea, 2007), il "Piano d'Azione sulla Mobilità Urbana" del 2009 (Commissione Europea, 2007), oltre al "Piano d'azione per la diffusione dei sistemi di trasporto intelligenti" del 2008 e la Direttiva 2010/40/UE."

4.2.1.1 Piano d'azione per la diffusione dei sistemi di trasporto intelligenti" del 2008

Il "Piano d'azione per la diffusione dei sistemi di trasporto intelligenti" del 2008 (Commissione Europea, 2008 b) segna un momento decisivo poiché, oltre il contenuto innovativo di principi e strumenti, vede l'impiego di una modalità collaborativa per la sua realizzazione: il processo di consultazione ha coinvolto diversi attori sia del settore pubblico e sia privato, tramite *panel interview*, workshop, interviste, questionari on line ,conducendo alla definizione dei seguenti aspetti prioritari: gestione del traffico, miglioramento della congestione lungo i corridoi del

traffico merci e nelle aree urbane, promozione dell'intermodalità, sistemi di sicurezza a bordo veicolo, informazioni in tempo reale sul traffico e la circolazione, lo sviluppo di una piattaforma di bordo aperta per l'integrazione "plug&play" nel veicolo di diverse applicazioni.

L'obiettivo precipuo dell' *Action Plan ITS* è quello favorire un'azione sinergica ed equilibrata su vasta scala, creando le giuste condizioni organizzative, legislative, tecnologiche e finanziarie finalizzato all'integrazione delle tecnologie ITS con la mobilità esistente per il perseguimento degli obiettivi di sicurezza e sostenibilità tracciati dalla Comunità Europea con i suoi documenti di indirizzo. Si mira a superare l'attuale frammentazione che caratterizza la diffusione degli ITS a favore di un'azione su vasta scala su tutto il territorio europeo, così da valutare e comprendere a pieno benefici che l'introduzione degli ITS può apportare potenzialmente al miglioramento della sicurezza e della qualità della vita dei cittadini, con risvolti secondari sui settori economici , occupazionali, produttivi ed industriali

Tale Piano, per la completezza degli aspetti trattati, rappresenta la cornice di riferimento per le politiche europee in materia di ITS: esso infatti individua, come riportato in Tabella 16, sei linee d'azione che comprendono i peculiari fronti di d'azione in cui l'impiego delle nuove tecnologie per l'informazione e la comunicazione possono rivelarsi strategici ai fini della mobilità sicura.

	Azione	Descrizione
Area d'azione 1	Uso ottimale della strada, del traffico e dei dati relativi alla circolazione	Conoscenza della rete e delle sue dinamiche : la raccolta e la diffusione in tempo reale di informazioni sul traffico tra più utenti consente di facilitare la pianificazione multimodale del viaggio.
Area d'azione 2	Continuità dei servizi ITS per la gestione del traffico e delle merci nei corridoi di trasporto europei e nelle conurbazioni	Necessità di impiegare nuovi strumenti per la gestione dei volumi di traffico in corrispondenza dei principali corridoi europei
Area d' azione 3	Sicurezza stradale e la protezione dei sistemi di trasporto	Impiego degli ITS come elementi strategici per l'innalzamento degli standard di sicurezza in vista degli obiettivi di riduzione incidentale posti per il 2050
Area d' azione 4	Integrazione dei veicoli nelle infrastrutture di trasporto	Mira alla realizzazione di infrastrutture cooperative tra veicoli en infrastrutture al fine dello scambio di informazioni, ai fini della percorribilità sicura e sostenibile della rete
Area d' azione 5	Sicurezza e protezione dei dati e questioni legate alla responsabilità	Gestione dei dati, in particolare di tipo personale e finanziario, pone una serie di questione riguardo la privacy e le modalità di trattamento. E' necessario prevedere modalità di protezione dei dati dei cittadini.
Area d' azione 6	Cooperazione e coordinamento europeo per gli ITS	L'azione è finalizzata alla cooperazione tra le parti coinvolte a livello europeo al fini di sincronizzare la diffusione dei sistemi ITS

Tabella 16:Azioni del Piano d'azione per la diffusione dei servizi ITS

L'approccio integrato e globale del piano ne rivelano la strategia vincente, ai fini di uno sviluppo mirato al settore della mobilità sicuro e equilibrato trai Paesi della Comunità Europea.

Figura 46:L'apporto delle ITS alla mobilità intelligente- ETSI-Intelligent Transport[54]

4.2.1.2 Direttiva 2010/40/UE: diffusione di sistemi di trasporto intelligenti in Europa

Il ruolo dei Sistemi di Trasporto Intelligenti (ITS) può essere determinante per perseguire un modello di mobilità innovativa in linea con i principi di Smart City, grazie ad un'azione sinergia sui te versanti uomo-strada-veicolo. La necessità quindi è quella di creare, di supporto alla nuova concezione di mobilità, una infrastruttura tecnologica fatta di sensori, rete di comunicazione, piattaforme di gestione in grado di supportare la mobilità informatica: parallelamente ai flussi di traffico le reti telematiche sono necessarie a veicolare informazioni.

Recentemente gli ITS sono entrati al centro delle politiche europee di gestione delle problematiche connesse con la mobilità sicura e sostenibile, tendenza concretizzata con l'emanazione della Direttiva Europea 2010/40/UE sul "Quadro generale per la diffusione dei sistemi di trasporto intelligenti nel settore del trasporto stradale e nelle interfacce con altri modi di trasporto" (Parlamento Europeo, 2010). L'obiettivo della Direttiva è quello di incoraggiare una diffusione omogenea e coordinata sul territorio europeo e superare la frammentazione sia spaziale e sia settoriale che oggi caratterizza la diffusione dei sistemi ITS. Essa è di fatto l'atto legislativo che rende concrete le azioni proposte dal Piano del 2008. La Direttiva individua, sulla base di quanto contenuto nell'Action Plan , quattro settori principali:

- l'uso ottimale dei dati relativi alle strade, al traffico e alla mobilità;
- la continuità dei servizi ITS di gestione del traffico e del trasporto merci ;
- le applicazioni ITS per la sicurezza stradale e per la sicurezza (security) del trasporto;

[54] ETSI-Intelligent Transport.
Fonte sito web http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/intelligent-transport

- il collegamento tra i veicoli e l'infrastruttura di trasporto.

In relazione a tali settori, gli Stati membri sono chiamati a sviluppare servizi ITS disponibili ed accessibili e creati alla luce di standard interoperabili definiti dalla Commissione stessa, al fine di favorire l'integrazione, sviluppo congiunto e scambi di best practices.

4.2.2 QUADRO NORMATIVO DEGLI ITS IN ITALIA

Il Nostro Paese è caratterizzato da levati tassi di motorizzazione, una domanda di traffico con trend crescente da decenni, un patrimonio infrastrutturale obsoleto e inadeguato rispetto alle richieste di mobilità, scarsa copertura dei servizi pubblici in aree suburbane: il quadro tracciato appare incompatibile con una riduzione dell'utilizzo del mezzo privato e conseguente abbattimento delle esternalità negative, congestione e incidentalità. Per affrontare tale sfida con soluzioni innovative a problemi ormai annosi, i diversi governi hanno incoraggiato una nuova visione del sistema dei trasporti in cui flussi veicolari e informativi viaggiano su infrastrutture parallele: quelle stradali e quelle delle telecomunicazioni.

L'importanza delle nuove tecnologie ai fini della gestione delle mobilità è emersa già nei primi anni Novanta quando, il nuovo Codice della Strada (art.227, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 1992) auspicava la realizzazione di un sistema di monitoraggio al fine di istituire archivi nazionali, individuare i punti di maggiore congestione e favorire l'innalzamento dei livelli di sicurezza sull'intera rete nazionale. Nel corso degli anni si sono succeduti strumenti che, legati più o meno direttamente alla tematica della mobilità intelligente, hanno trovato negli ITS una componente strategica di successo. Già a partire dal Piano Generale dei Trasporti e della Logistica del 2001 strumento orientato a migliorare la condizione dei trasporti, l'inquinamento e la sicurezza stradale, l'innovazione tecnologica è concepita come "*strumento chiave per la modernizzazione il miglioramento del sistema dei trasporti in termini di economicità, ambiente e sicurezza*". In particolare il testo individua come misure necessarie ad una mobilità sicura e sostenibile sia sistemi di comunicazione e scambio dati ai fini della cooperazione veicolo infrastruttura e sia un'architettura di riferimento per la telematica nei trasporti a supporto del sistema, un giunta in seguito, a livello nazionale con l progetto ARTIST[55].

La stessa attenzione ai temi dell'innovazione è posta nelle Linee Guida del Piano della Mobilità (Ministero delle Infrastrutture, 2007) e successiva revisione del 2010, le quali riconoscono il loro focus soprattutto sulla gestione delle politiche di mobilità in relazione al territorio, evidenziando l'importanza di tale elemento ai fini della sicurezza e sostenibilità rispetto alla triade del sistema strada-uomo-veicolo. Tuttavia il testo attribuisce agli ITS un ruolo essenziale in vista del raggiungimento de gli obiettivi di efficienza ed integrazione delle reti.

Il Piano Nazionale della Logistica 2011, che ha l'obiettivo primario di operare una riorganizzazione dei rapporti domanda-offerta delle mobilità attraverso la riduzione delle inefficienze e delle inerzie del sistema. Il Piano individua negli ITS strumenti validi per abbattere i costi legati alla scarsa funzionalità ed efficacia dei processi logistici e dedica grande attenzione al tema delle nuove soprattutto in riferimento alla Piattaforma telematica, sistema di ICT e il

[55] ARTIST- ARchitettura Telematica Italiana per il Sistema dei Trasporti. Conforme alle direttive del Piano Generale dei Trasporti e della Logistica -, ha l'obiettivo di delineare il quadro di riferimento a livello nazionale per la realizzazione dei sistemi telematici per i trasporti in Italia, in una prospettiva multimodale e intermodale, con un orizzonte temporale al 2010. Essa permette di definire, partendo dalle esigenze degli utenti, di definire l'insieme dei servizi necessari alle utenze, le relazioni logiche necessarie alla creazione di un sistema informativo.
Fonte sito web artisti;
http://www.its-artist.rupa.it/

Progetto Galileo[56]. A tale breve quadro vanno aggiunti gli strumenti di governo a livello regionale e locale del trasporto e della mobilità ,che hanno identificato nelle nuove tecnologie soluzioni innovative per problemi ormai noti afferenti al settore dei trasporti stradali: dai Piani nazionali si articolano i Piani Regionali fino ai Piani intercomunali e comunali, i quali sono tenuti a recepire le direttive dei piani preposti, declinandole alle specifiche necessità.

Di seguito vengono trattati con maggiore dettaglio gli strumenti che in maniera diretta hanno trattato la questione degli ITS.

4.2.2.1 Linee Guida per lo sviluppo di servizi di infomobilità nelle Regioni e negli Enti Locali e Piano regionale Infomobilità

Una Conferenza Unificata "Stato- Regioni – Autonomie locali" in materia di Infomobilità nel 2007 ha condotto alla attivazione di Piani Regionali di Infomobilità da parte delle singole Regioni e alla sottoscrizione delle "Linee Guida per lo sviluppo di servizi di infomobilità" a cui tali piani devono attenersi.

L'obiettivo di tali strumenti è quello di agevolare l'innovazione e lo sviluppo di servizi di infomobilità, (intesa come una branca degli ITS) presso le singole Regioni, costruendo nel contempo le condizioni per l'evoluzione verso un sistema integrato a scala nazionale, in grado di corrisponderete in maniera sempre più puntuale alle necessità degli utenti. Nell'accordo si evidenzia la necessità da parte delle Regioni di redigere i Piani Regionali di Infomobilità, ovvero "*documenti di programmazione e indirizzo aventi per oggetto le azioni coordinate e coerenti finalizzate allo sviluppo e alla sostenibilità dei processi innovativi applicati ai sistemi di mobilità pubblica e privata*", in grado di fare da cornice ai piani di Infomobilità degli Enti Locali .

Tale gerarchia di piani e strumenti, che si rispecchia sull'organizzazione del sistema di mobilità a scala territoriale implica la necessità di integrazione delle reti e dei servizi, presupponendo un'0azione coordinata per lo sviluppo e il miglioramento delle condizioni di mobilità: capillarità spaziale e continuità temporale di osservazione e assistenza strumentale sono requisiti connessi con tale processo di integrazione.

Le Linee Guida individuano sei macro-famiglie di servizi di Infomobilità:

- Gestione Flotte Trasporto Individui ;
- Gestione Flotte Trasporto Merci;
- Gestione Traffico e Sicurezza ;
- Pagamenti per la Mobilità;
- Controllo avanzato autoveicolo ;
- Distribuzione dei contenuti.

Al fine di definire un ordine delle priorità si è fatto riferimento a tre assi chiave di valutazione:

- Benefici sul sistema Paese, in termini di sostenibilità ambientale e di supporto alla produttività del sistema ;
- Fattibilità, in termini di valutazione dei tempi di realizzazione, considerando anche lo sviluppo della tecnologia l'adeguatezza del sistema normativo e la maturità del contesto della governance.

[56] Il Progetto Galileo riguarda la messa in orbita si un sistema di posizionamento e navigazione satellitare civile (in inglese GNSS - Global Navigation Satellite System), sviluppato in Europa come alternativa al Global Positioning System statunitense. La sua entrata in funzione è fissata per la fine del 2014.

- Ritorno economico investimento in termini di sostenibilità economica dell'investimento per l realizzazione delle diverse iniziative di innovazione e valutazione delle necessità di porre in essere sistemi di incentivazione pubblici.

Il ruolo chiave delle nuove tecnologie ai fine della realizzazione dei servizi a supporto della mobilità intelligente è dichiarata nel documento: *"l'opportunità di utilizzare le nuove tecnologie dell'informazione al fine di affrontare problematiche di infomobilità, anche nell'ottica di regolare e limitare i flussi di traffico con conseguente benefici sulla qualità della vita "*

4.2.2.2 Diffusione dei sistemi di trasporto intelligenti (ITS) in Italia

L'iniziativa giuridica che maggiormente caratterizza e regolarizza lo sviluppo degli ITS in Italia è la norma di recepimento della Direttiva europea 2010/40/UE, ovvero il "*Diffusione dei sistemi di trasporto intelligenti (ITS) in Italia*" (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti , 2013). Tale atto è l'attuazione del Decreto Legge "*Ulteriori misure urgenti per la crescita del paese"*, pienamente in linea con la direttiva europea, riportandone nell'ordinamento nazionali i principi e gli indirizzi strategici. Il decreto individua sette settori strategici principali:

- l'uso ottimale dei dati relativi alle strade, al traffico e alla mobilità;
- la continuità dei servizi ITS di gestione del traffico e del trasporto merci;
- le applicazioni ITS per la sicurezza stradale e la sicurezza del trasporto;
- il collegamento telematico tra veicoli e infrastruttura di trasporto.

E' evidente il ruolo fondamentale dell'informazione ai fini della realizzazione di sistemi di mobilità più intelligenti, poiché si evince come tale progresso non possa prescindere dalla conoscenza dettagliata dell'infrastruttura nei suoi spetti strutturali e compositivi, richiamando, all'art. 5 l'esigenza da parte di enti proprietari o gestori di infrastrutture, di aree di sosta di dotarsi di una banca dati relativa alle informazioni circa le infrastrutture e al servizio di propria competenza, da tenere sempre aggiornata.

Tale decreto è legato al Piano di Azione Nazionale sui Sistemi Intelligenti di Trasporto, ancora in via di recepimento, il cui obiettivo è quello di perseguire lo sviluppo di tecnologie ITS, mediante azioni che tendono a fornire modelli di riferimento e standard tecnici di progettazione ai fini dell'interoperabilità ed integrazione di esperienze nazionali, promuovere la diffusione degli ITS a livello nazionale, introdurre dei metodi di classifica dei livelli di servizio offerti ed in grado di monitorare i benefici ottenuti, in grado di mettere in rete le piattaforme per il trasporto merci e favoriscano un uso sistematico dei servizi di navigazione satellitare europei, e migliorino utilizzo dei sistemi di bordo al fine della cooperazione tra veicoli e infrastruttura. Scopo del Piano è quello di accelerare il processo di integrazione degli ITS sul territorio nazionale all'interno di una struttura di maggiore certezza, creando così nel nostro Paese nuove e reali occasioni di sviluppo.

4.3 Riflessioni sul Capitolo 4

L'analisi del quadro normativo ha rivelato da parte della Comunità Europea un forte impegno alla promozione e alla strutturazione di strumenti per l'azione sinergica finalizzata all'abbattimento del problema dell'incidentalità e dell'insicurezza stradale, tuttavia, a causa dell'eterogeneità culturali ed economiche la risposta non è coesa come magari si sperava. I tempi sono dilatati, come si è riscontrato alla chiusura del primo decennio, traguardo del primo Libro Bianco. Tuttavia i trend sono abbastanza incoraggianti poiché, anche se con tempi diversi, i Paesi si tanno muovendo con strategia verso l'obiettivo europeo. Quello che tuttavia manca è un approccio efficace ai temi delle nuove tecnologie, poiché esse possono offrire nuove modalità di gestione della problematica: le recenti normative in materia di ITS rappresentano il primo passo verso questa futuribile ed efficace direzione. E' necessario infatti, affinchè tali sistemi apportino benefici superando le seguenti criticità:

- Applicazioni limitate e frammentarie a livello nazionale / regionale / locale;
- Differenze notevoli fra i diversi Stati Membri;
- Problemi di interoperabilità;
- Discontinuità geografiche;
- Necessità di standardizzazione;
- Limitata consapevolezza dei benefici.

I benefici che possono derivare da un approccio comunitario e alla diffusione a larga scala degli ITS può condurre a :

- Affrontare la complessità organizzativa di introduzione degli ITS, specie in processi con
- molti attori coinvolti;
- Sostenere la penetrazione di mercato dei servizi di mobilità per i cittadini;
- Promuovere la generazione di economie di scala per rendere l'introduzione degli ITS
- più veloce, più economica e con meno rischi;
- garantire la continuità dei servizi in tutta Europa; Potenziare il ruolo dell'industria Europea sui mercati mondiali.

Con l'emanazione prima del Piano d'azione per la diffusione di sistemi di trasporto intelligente in Europa nel 2008 e la seguente Direttiva 2010/40/UE nel 2010 da parte della Commissione apre le porte a questo cambiamento.

5 CAPITOLO - INNOVAZIONE E BUONE PRATICHE PER UNA SMART SAFE ROAD

Il Capitolo5 traccia un quadro sulle esperienze innovative e le buone pratiche legate al tema della mobilità intelligente, che lasciano presagire i trend futuri. Tali esempi ricalcano infatti gli elementi principali su cui il concetto di *Smart Mobility* si fonda, come strade e veicoli intelligenti, e nuovi metodi per il management della sicurezza stradale.

5.1 Progresso verso Smart Vehicles on Smart Roads

Il reale abbattimento del fenomeno incidentale è perseguibile solo mitigando ed eliminando tutti i fattori di rischio insiti nel Sistema strada, o al limite minimizzando le loro interazioni negative: il paradigma a più alto tenore di sicurezza è rappresentato da "*Smart Vehicles on Smart Roads*", cioè veicoli automatici ed intelligenti in grado di gestire la loro condotta di marcia, percepire l'ambiente circostante attraverso architetture di sensori per la navigazione e comunicare, all'interno di una rete cooperativa, con l'infrastruttura intelligente. Autodiagnosi, comunicazione e modellazione sono le azioni principali a sostegno di tale futuribile paradigma che va ad abbattere drasticamente la quota di rischio intrinseco della mobilità.

Un primo esempio di questo paradigma è rappresentato dal progetto dell'UE, SAFESPOT[57] - "*Cooperative systems for road safety "SmartVehiclesonSmartRoads*" ", che sviluppa sistemi di comunicazione cooperativa tra infrastrutture e veicoli per acquisire e divulgare informazioni riguardanti la sicurezza.

Il progetto nasce dalla collaborazione di diversi centri di ricerca europei, case automobilistiche ed industrie telematiche, che nutrono la convinzione che riunire dati provenienti a sensori stradali e automobili aiuterà significativamente la prevenzione di incidenti. Mediante la segnalazione anticipata di criticità sulla strada, consigli ai veicoli in avvicinamento, e attraverso segnali al margine della strada o direttamente a unità di bordo, i guidatori avranno margini di tempo sufficienti per correggere la loro condotta di guida.

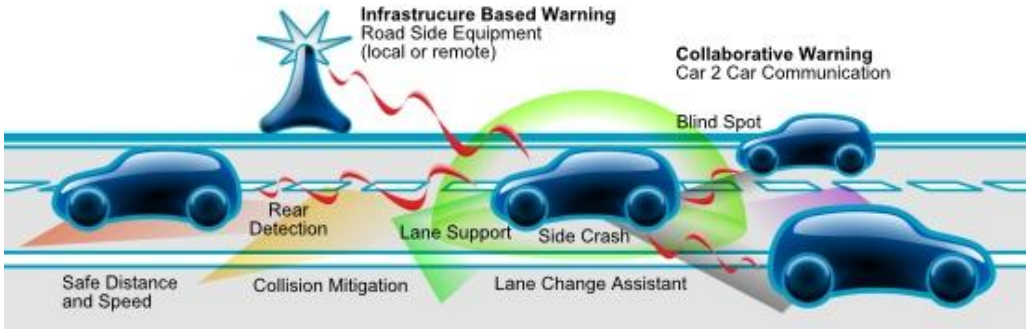


Figura 47:Smart Vehicles on Smart Roads, SAFESPOT

Oggigiorno i veicoli usano il sistema di posizionamento globale (GPS) per migliorare le proprie capacità di navigazione e sistemi basati su telecamere facilitano il cambio di corsia. SAFESPOT mira ad aiutare i veicoli a comunicare l'uno con l'altro usando la telematica nei loro sistemi "vehicle-to-vehicle" (V2V), che sono attualmente in corso di massiva sperimentazione. Secondo i partner, il progetto ha in programma anche di lanciare il sistema "vehicle-to-infrastructure" (V2I), che stabilisce un sistema di supporto per la guida il quale aumenta la sicurezza attiva, aprendo nuovi scenari alla prevenzione di incidenti ed abbattere il numero delle vittime della strada. In breve, sono tre le tecnologie innovative che formano la base del sistema cooperativo di SAFESPOT: localizzazione cooperativa precisa, carte locali dinamiche e reti di comunicazione ah hoc.

Altro esempio di *best practices* è il "*CAR 2 CAR Communication Consortium (C2C-CC)*" : un'organizzazione no-profit, spinta dal settore industriale, fondata dai produttori di veicoli in Europa e sostenuta da fornitori di apparecchiature, organizzazioni di ricerca e altri partner.

[57] *Safespot*, http://www.safespot-eu.org/

Il consorzio C2C-CC ha come obiettivo aumentare ulteriormente la sicurezza stradale e l'efficienza del traffico per mezzo di sistemi di trasporto intelligenti (C-ITS) sfruttando la comunicazione Vehicle-to-Vehicle (V2V) supportato dalla comunicazione Vehicle-to-Infrastructure (V2I).

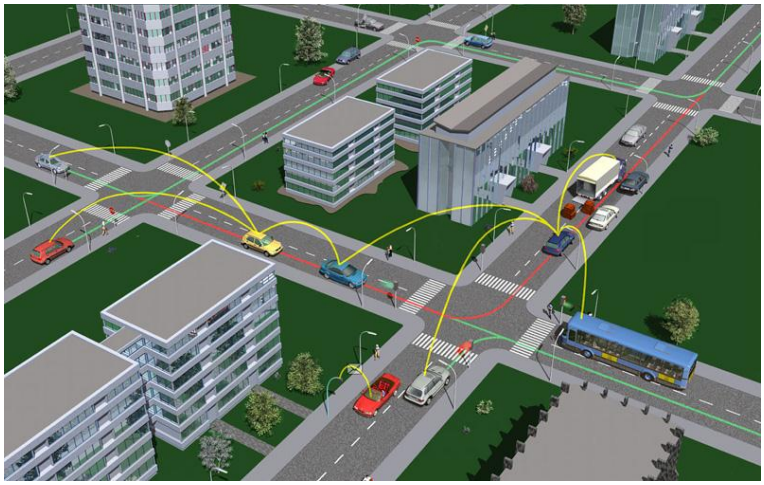


Figura 48:Car to car communication consortium

Per la complessità degli aspetti trattati anche questo progetto è articolato in una serie di progetti satellite, tra i quali si ricordano i seguenti:

iTETRIS[58], un progetto finanziato dal 7° Programma Quadro della Commissione Europea, che ha come obiettivo principale quello di monitorare l'impatto e i benefici delle nuove soluzioni basate su ICT nella gestione del traffico in tempo reale all'interno delle nostre città. Il progetto è stato creato per soddisfare questa esigenza attraverso lo sviluppo di uno standard aperto ETSI, attraverso lo sviluppo di una piattaforma di simulazione che consente di creare una stretta collaborazione tra società di ingegneria, autorità stradali, ed esperti di comunicazione.

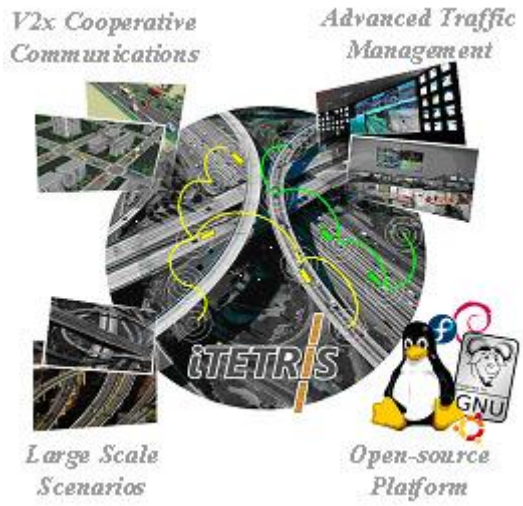


Figura 49:ITETRIS progetto satellite del Car to Car Consortium

Un altro progetto satellite di Car 2 Car è *COOPERS*[59] (CO-OPerative SystEms for Intelligent Road Safety, che ha come scopo lo sviluppo di applicazioni innovative telematiche per l'infrastruttura stradale con l'obiettivo a lungo termine di una gestione del traffico di tipo "Cooperativo", tra

[58] *iTETRIS,* http://www.ict-itetris.eu/
[59] *COOPERS,* http://www.coopers-ip.eu

veicolo e infrastruttura, per ridurre il divario nello sviluppo di applicazioni telematiche tra industria dell'auto e delle infrastrutture. L'obiettivo del progetto è quindi il miglioramento della sicurezza stradale attraverso una comunicazione diretta e informazioni aggiornate sul traffico tra infrastruttura e veicoli a motore su un tratto autostradale.

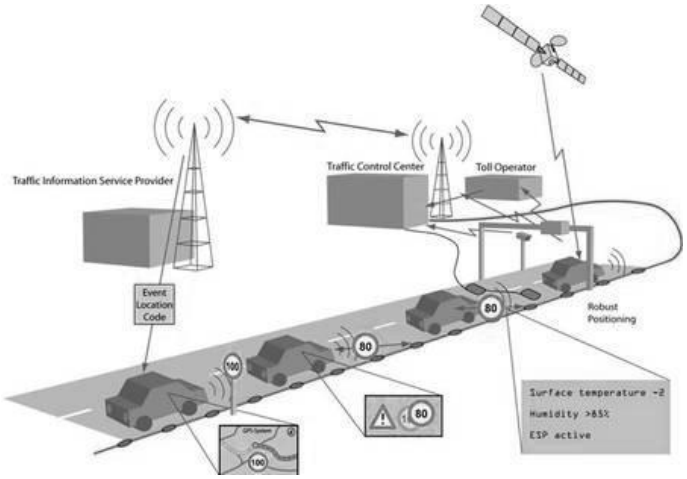


Figura 50:COOPERS progetto satellite del Car to Car Cosortium

Questi due progetti si distinguono per la completezza del metodo, mente tante altre esperienze stanno fiorendo nel panorama di innovazione tecnologica, che trattano solo aspetti più specifici.

5.1.1 SMART VEHICLES

Gli Smart Vehicles sono mezzi dotati di intelligenza legata al loro contenuto tecnologico che consente loro di effettuare diagnosi dell'ambiente circostante, comunicare con l'infrastruttura e con l'utente, al fine di abbattere i fattori di rischio ad essi collegati. La prospettiva futura vede protagonisti veicoli completamente autonomi, ad oggi solo in fase sperimentale, che potranno in un futuro prossimo rivelarsi strategici per l'abbattimento del rischio incidentale. Di seguito si riportano alcune esperienze e sperimentazioni che seguono tale prospettiva, e che si distinguono per innovazione e efficacia.

5.1.1.1 Car to car communication

Sul versante della comunicazione tra veicoli un progetto dell' U-M Transportation and Research Institute[60] dell'Università del Michigan prevede la dotazione di migliaia di auto, camion e autobus di dispositivi che possono comunicare tra loro e consentire ai conducenti di sapere se sono a rischio di una collisione. Il progetto aiuterà i ricercatori a capire come prevenire incidenti stradali, che causano 34.000 morti e costano 240 miliardi dollari l'anno, secondo la National Highway Traffic Safety Administration.

L' U-M Transportation and Research Institute è alla ricerca di 3.000 automobilisti che guidano frequentemente intorno a Nordest Ann Arbor per partecipare allo studio. Durante un periodo di un anno, sulle auto partecipanti saranno installati dispositivi di comunicazione wireless che trasmettono in modo sicuro e ricevono dati del veicolo come la posizione e la velocità. Tali sistemi possono avvisare i conducenti sui movimenti dei veicoli inaspettati, tra cui auto che frenano in modo irregolare e cambi di corsia improvvisi o fusioni. Ulteriore obiettivo è quello di facilitare la sincronizzazione dinamica in tempo reale dei segnali stradali.

[60] *U-M Transportation and Research Institute,* http://www.annarbor.com/news/university-of-michigan-seeking-3000-motorists-to-participate/

Figura 51:Car to car communicationi Università del Michigan

5.1.1.2 Platoon: treni di veicoli automatici

Un sistema in fase di sperimentazione, che rappresenta l'esperienza più vicina al veicolo intelligente, è identificabile nei *Platoon*, sistema che si fonda su un metodo di raggruppamento di veicoli per aumentare la capacità delle strade ed abbattere fenomeni di interazioni negative, producendo benefici sui livelli di sicurezza. In questo sistema i veicoli sono collegati elettronicamente insieme in un "road train", con solo il pilota di testa in controllo attivo, come evidenziato in Figura 52.

Gli effetti maggiori si hanno sulla diminuzione delle distanze tra auto usando l'accoppiamento elettronico e meccanico, condizione che consentirebbe a molte auto di accelerare o frenare contemporaneamente, consentendo l'aggregazione per plotoni da 8 a circa 20 veicoli, porta benefici anche in termini di velocità di marcia più regolari. Le singole Smart cars con intelligenza artificiale potrebbero automaticamente aderire o lasciare il Platoon.

CALIFORNIA PATH

Uno dei primi esempi in questo senso è stato realizzato nel 1997 ad opera dell' National Automated High-way Systems Consortium di San Diego, con l'esperimento "California Path [61]", quanto 8 veicoli hanno viaggiato ad una distanza fissa di 6,5 metri (21 piedi) a tutte le velocità fino alla massima velocità autostradale. A questa distanza, i veicoli separati da uno spazio di sicurezza di 60 metri (circa 200 piedi) e che viaggiano a 105 Km orari consentirebbero una capacità di circa 5700 veicoli all'ora, mentre in normali condizioni di guida manuale e alle stesse velocità corrisponde una capacità di circa 2000 veicoli per corsia all'ora. Tale breve distanza tra veicoli può produrre una riduzione significativa della resistenza aerodinamica per tutti i veicoli (in testa nonché quelli che seguono). Queste riduzioni di resistenza sono moderate alla distanza di 6,5 metri della dimostrazione, ma diventano più drammatiche con distanze pari alla metà di tale lunghezza. Test effettuati nella galleria del vento presso la University of Southern California hanno dimostrato che la forza di resistenza può essere ridotta a metà quando i veicoli si muovono a una distanza di circa metà della lunghezza del veicolo. Le analisi condotte presso UC Riverside hanno dimostrato come tale riduzione di resistenza si traduce in miglioramenti del 20-25% nel risparmio di carburante e riduzione delle emissioni.

[61] *California Path*, http://www.path.berkeley.edu/

SARTRE

Un'esperienza molto più recente è rappresentato dal Progetto SARTRE[62]-*Safe Road Trains for the Environment* , finanziato dalla Commissione europea per indagare e sperimentare tecnologie e strategie per la sicurezza del platooning dei veicoli stradali. Il progetto triennale è stato lanciato nel 2009, con la partecipazione di varie case automobilistiche europee con Volvo come capofila. Un primo test pratico ha avuto successo nel dicembre 2010. Nel mese di settembre Volvo ha annunciato che il progetto di ricerca SARTRE era giunto al termine, e che la società era pronta a mettere il suo prodotto finito sulla strada. Dato che la Volvo ha dichiarato una volta che potrebbe eliminare tutti gli incidenti mortali per i suoi conducenti entro il 2020, il progetto SARTRE è un passo importante.

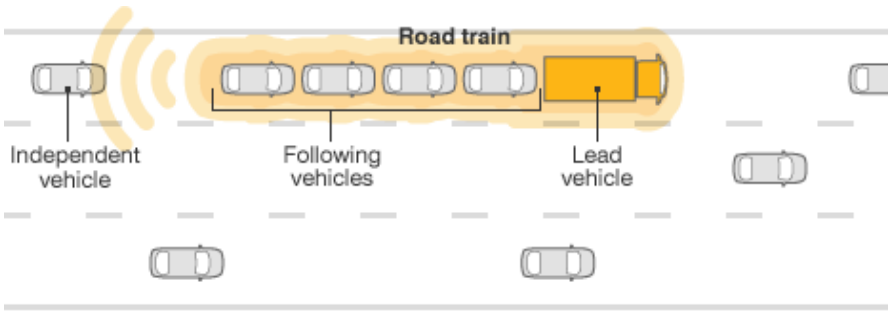


Figura 52:Sistema Platoon

Il sistema, oltre ad ottimizzare la capacità dell'infrastruttura e ridurre comportamenti di guida più regolari, con vantaggi anche sulle emissioni e risparmi di carburante, produrrà evidenti benefici anche in termini di rispetto di distanze di sicurezza, che rappresenta una importante cause di incidente.

VEICOLI INTELLIGENTI DI TOYOTA

La possibilità di lasciare che siano i veicoli a guidare per noi in totale sicurezza sembra avveniristica ma potrebbe essere più vicina di quanto non si pensi: sono molte le aziende automobilistiche che fanno ricerca in tal senso e il risultato più celebre è senza dubbio la Toyota Prius di Google [63], rappresentata in Figura 53:Toyota Prius di Google e Lexus LS600H, veicolo dalla guida totalmente autonoma già autorizzato a circolare sulle autostrade della Florida e della California.

- Toyota Prius di Google, veicolo automatico

- Toyota Lexus LS600H

Figura 53:Toyota Prius di Google e Lexus LS600H

[62] *SARTRE*, http://www.sartre-project.eu/en/Sidor/default.aspx
[63] *Toyota Prius di Google*, http://www.tuttogreen.it/un-sistema-per-le-guida-automatica-per-fare-viaggiare-le-macchine-in-colonna-come-vagoni-di-un-treno/

Un altro esempio di veicolo autonomo è quello della Toyota con la nuova *Lexus LS600H* [64], riportata in Figura 53 che riguardano il segmento di sperimentazione delle nuove tecnologie che integrano e migliorano l'interazione uomo-macchina alla guida. L'auto è equipaggiata con diversi dispositivi e sensori che permettono una guida quasi del tutto autonoma, con tanto di riconoscimento automatico degli ostacoli rilevati lungo il percorso. Il radar installato sul tetto della vettura è in grado di effettuare circa 1000 rilevazioni al minuto, così come le due telecamere che leggono i segnali stradali a oltre 150 metri di distanza e monitorano tutto ciò che accade intorno all'auto e sul percorso. Il sensore posto sulla ruota posteriore destra registra tutti i movimenti dell'autovettura dialogando virtualmente anche con il GPS per rilevare l'esatta posizione dell'automobile in tempo reale. Analizzando simultaneamente tutte le informazioni raccolte, la Lexus può viaggiare autonomamente fornendo al guidatore un servizio di assistenza continuo che garantisce la massima sicurezza.

VEICOLI ED ANZIANI

Il problema dell'invecchiamento della popolazione è un fattore che può influenzare la condizioni di sicurezza per la mobilità: circa 90% dei conducenti più anziani attualmente hanno una condizione di salute che può influenzare una guida sicura, ma solo uno su 10 ha un veicolo intelligente che può accogliere tali condizioni, secondo la AAA[65] (the American Automobile Association, Inc.). Il lavoro di tale associazione è stato quello di censire più di 200 veicoli che hanno una o più funzioni intelligenti che possono aiutare un anziano a guidare in modo più efficace e sicuro: le caratteristiche analizzate vanno da semplici elementi di progettazione dell'abitacolo come comandi dell'audio e del climatizzatore più grandi, con testo più facile da vedere e da manipolare, consentendo una distrazione minore, fino ai più adatti sistemi si assistenza alla guida.

5.1.2 SMART ROADS

L'infrastruttura intelligente è una strada in grado di effettuare processi di autodiagnosi sullo stato strutturale, valutare le condizioni di traffico mediante cluster di sensori e comunicare , attraverso idonea rete telematica, tali dati alla centrale operativa e ai veicoli che la percorrono, al fine di un approccio preventivo all'abbattimento dell'incidentalità.

L'integrazione tra infrastrutture e veicolo è frutto di un approccio multidisciplinare cha attinge l'ingegneria dei trasporti, elettrica, automotive e visione artificiale, con lo scopo di creare una connessione tra i veicoli stradali e il loro ambiente fisico, al fine di migliorare la sicurezza stradale. Diverse sperimentazioni condotte cercano di minimizzare, attraverso la conoscenza dell'infrastruttura e reti di comunicazione con i veicoli, le interazioni negative tra gli elementi del Sistema Strada.

5.1.2.1 Automated Highway System

Le Autostrade automatizzate rappresentano una evoluta tecnologia nel settore dei trasporti intelligenti, che ha lo scopo di consentire il traffico di automobili senza conducente su specifiche vie o corsie riservate, ed un sistema di tutela legislativa e copertura assicurativa adeguato A tale soluzione vengono attribuiti benefici in termini di riduzione di congestione, interazione veicolare negativa, e maggiore capacità veicolare rispetto al trasporto non automatizzato.

[64] *Lexus LS600H,* http://www.tuttogreen.it/lexus-e-lauto-senza-guidatore
[65] *American Automobile Association*, http://www.forbes.com/sites/tanyamohn/2013/12/08/smart-car-features-for-older-drivers

Per quanto riguarda questa tipologia di Smart Road, esse vengono prettamente realizzate come supporto di veicoli intelligenti del tipo *Platoons*, quindi scarsamente specializzate per altri scopi se non la guida automatica: al fine della comunicazione con i veicoli vengono distribuiti sull'infrastruttura dei sensori passivi che possono essere letti dai veicoli con sensori radar o laser, e reti di comunicazione wireless.

VIRGINIA SMART ROAD

La Virginia Smart Road [66]è un esempio di Autostrada Automatica , realizzata in Virginia vicino Blacksburg, usata come un centro di ricerca sul trasporto autostradale nonché per la sperimentazione di sistemi veicolari e Intelligent Transportation Systems (ITS). La Smart Road ha quindi lo scopo principale di offrire ai ricercatori e sviluppatori di prodotti innovativi un laboratorio per la sperimentazione di nuove tecnologie di trasporto che potranno aiutare gli automobilisti a guidare in sicurezza anche nelle peggiori condizioni possibili di guida, come pioggia battente, strade ghiacciate, tempeste di neve. Essa consiste in una autostrada formata da una carreggiata e due corsie lunga circa di circa 5.7 miglia, con accesso limitato, che può vantare tra le sue attività di sperimentazione:

- Uno Smart Bridge;
- Sistema di comunicazione centralizzato;
- Sistemi di controllo dell'illuminazione e delle condizioni meteo;
- Sistemi di sorveglianza per la sicurezza;
- Sezioni sperimentali per lo studio delle pavimentazioni;
- Sensori infrastructure based per analisi della pavimentazione;
- Sistemi di simulazione di condizioni meteo.

5.1.2.2 Strade Intelligenti

Possono essere annoverate tra gli esempi di strade intelligenti tutti quei casi in cui sensori e sistemi di gestione dei dati sono orientati a facilitare il rapporto tra uomo ed ambiente, ai fini della creazione di condizione di maggior comfort e sicurezza per gli utenti. Le applicazioni sono molteplici e vanno dagli aspetti fisici fino a sistemi di comunicazione efficaci.

STRADA CONNESSA E CON SENSORI

L'A14[67] è una delle strade più congestionate del Regno Unito, collega il porto di Felixstowe a Birmingham, e diventerà la prima strada collegata a internet della Gran Bretagna in un progetto pilota che potrebbe aprire la strada alle automobili self-driving. Una rete di sensori sarà collocata lungo i 50 chilometri della A14 in una collaborazione tra BT, il Dipartimento per i trasporti e il Cambridge start-up Neul, creando una strada intelligente in grado di monitorare il traffico inviando segnali da e verso telefoni cellulari nei veicoli in movimento aprendo la prospettiva futura di poter controllare automaticamente la velocità delle auto.

La rete di sensori disposti sull'infrastruttura è in grado di monitorare le condizioni della strada e di deflusso, inviare le informazioni in centrale la quale provvede con sistemi di allerta e gestione

[66] *Virginia Smart Road*, http://www.vtti.vt.edu/smart-road/virginia-smart-road.html
[67] *A14 Super Highway*, http://www.theguardian.com/technology/2013/oct/02/super-highway-a14-internet-connected-road

del traffico con sistemi di corsie variabili. Ad oggi il progetto non prevede l'impiego di Smart car, ma è orientato a veicoli normali accessoriati con sistemi di comunicazione.

SMART ROADS & DESIGN

Il progetto Smart Highway opera dello studio olandese Roosegaard [68]è quello di render la strada intelligente per il suo modo innovativo di comunicare con l'utente: un sistema si segnaletica intelligente in grado di attivarsi in relazione alle condizioni meteorologiche. Le principali esperienze realizzate riguardano una vernice fluorescente al buio, in grado di definire il contorno della carreggiata e particolari ostacoli o segnali, luci interattive che si attivano al passaggio dei veicoli, o segnali di stradali che si adattano alle condizioni del traffico, o vernici che sono sensibili alla temperatura sono utili per segnalare presenza di ghiaccio o fondo scivoloso. E' un esempio innovativo di accentuare ai fini di una maggiore sicurezza le caratteristiche di Self Explanatory Road.

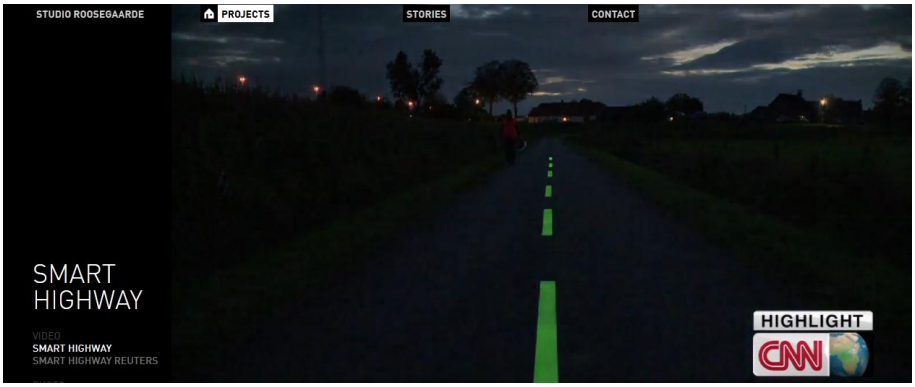


Figura 54:Progetto Smart Higway, delimitazione corsie con vernice luminescente

5.1.3 HUMAN MACHINE INTERFACE

Gli Human Machine Interface sono interfacce di comunicazione Uomo-macchina, che nel segmento di trasporti hanno lo scopo di facilitare la comunicazione di informazioni all'utente alla guida: siano esse di tipo ottico, acustico il loro principale obiettivo è quello di avvertire l'utente di particolari condizioni, in modo da anticipare le sue percezioni, renderlo costantemente vigile coadiuvarlo nella sua condotta di guida.

5.1.3.1 Dispositivi

INFOTAINMENT

I sistemi di infotainment oltre a rendere i viaggi sempre più multimediali puntano a renderli anche più sicuri. L'impegno di aziende come Bosch, Harman e Nvidia è quello di offrire sistemi di intrattenimento, navigazione e collegamento ai servizi internet sicuri, da utilizzare persino mentre si viaggia a velocità elevate in autostrada. Ad esempio i sistemi di riconoscimento vocale, di cui sono dotate molte BMW, consentono di interagire con smartphone senza causare turbative alla guida, o con latri sistemi integrati a bordo veicolo. Le ricerche sono inoltre orientate a sviluppare sistemi Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) integrati, che migliorano la capacità del guidatore di individuare i pedoni, vedere al buio e notare i cartelli stradali. Essi si basano sul processore Tegra 3, lo stesso che si trova sulla maggior parte dei tablet e degli smartphone più potenti: attraverso una o più telecamere, che possono raggiungere i 12 Mpixel di

[68] *Studio Roosegaard,* http://www.studioroosegaarde.net/project/smart-highway

risoluzione, distingue persone e indicazioni, per poi evidenziarli su uno schermo davanti agli occhi del guidatore.

SISTEMI ADAS.ADVANCED DIRVER ASSISTANCE SISTEM

I sistemi di assistenza alla guida contribuiscono notevolmente a mitigare gli errori dei conducenti alla guida poiché, interagendo direttamente con l'utente mediante stimoli visivi o acustici, o direttamente sugli organi di sterzo, possono impedire l'insorgere di situazioni critiche.

Le funzioni più diffuse consentono di mantenere automaticamente la distanza desiderata dalla vettura che precede, regola automaticamente la velocità fino all'arresto e controlla attivamente lo sterzo. Un esempio innovativo è Head-Up Display [69]di BMW, sistema a colori che proietta le informazioni importanti ai fini della guida nel campo visivo del conducente che quindi può rimanere concentrato sul traffico. A seconda dell'allestimento sono visualizzate ad esempio, oltre alle indicazioni del sistema di navigazione, le informazioni sui limiti di velocità incluso il divieto di sorpasso o messaggi del Check Control. Inoltre è anche possibile visualizzare indicazioni di infotainment come informazioni sulle emittenti radio e titoli musicali nonché numeri in rubrica e registri delle chiamate.

La funzione BMW Night Vision riconosce le persone e gli animali più grandi nell'oscurità già da una notevole distanza e le illumina in modo mirato. Una telecamera a infrarossi con un raggio d'azione fino a 300 metri trasmette le immagini di persone e animali direttamente al Control Display. Conducenti e pedoni vengono avvisati efficacemente tramite segnale luminoso di una possibile situazione di pericolo.

Figura 55:Sistema Head-Up Display di BMW

DEVICE PERSONALI DI NISSAN

Non solo il veicolo ma l'utente stesso può diventare "Smart" nell'accezione più tecnologica del termine con device innovativi e quasi futuristici; Nissan infatti ha presentato al Salone di Tokyo 2013 la concept 3E[70]: una nuova interfaccia uomo-macchina che riprende il concetto dei Google Glass, proiettando immagini nel campo visivo del guidatore. Con il device da indossare sarà possibile collegarsi a internet, comunicare con altri utenti e scattare foto e registrare video. Tale device è stato preceduto da Nismo[71], lo smartwatch Nissan che consente di connettere i conducenti ai propri veicoli, monitorare le prestazioni - anche personali – e aumentare la sicurezza attraverso una connessione bluetooth con lo smartphonee app dedicata. Premette inoltre di raccogliere e visualizzare dati biometrici personali in tempo reale tramite un sensore

[69] *Head-Up Display*, https://www.bmw.it/it/new-vehicles/x/x5/2013/assistenza-alla-guida.html
[70] *3E*, http://www.quattroruote.it/notizie/new-tech
[71] *Nismo*, http://gadget.wired.it/news/accessori/2013/09/10/nismo-smartwatch-nissan-collega-auto-452621.htm

dell'orologio, monitorare l'efficienza della macchina, dalla velocità media al consumo di carburante, e rimanere in contatto con la casa madre, per ricevere messaggi e avvisi personalizzati. Il monitoraggio dei dati personali, sottolineano da Nissan, è fondamentale anche sotto il profilo della sicurezza: il superorologio avvisa se i battiti cardiaci aumentano repentinamente, invitando il conducente a rallentare, e fornisce anche consigli sulle condizioni del percorso, ricordando infine quando c'è da fare il tagliando.

3E Smart Glasses di Nissan

Nismo Smartwatc di Nissan

Figura 56:Dispositivi intelligenti personali di Nissan

5.2 Safety Management

L'attenzione alla gestione della sicurezza stradale è frutto della sintesi di buone pratiche e innovazione che possono fornire strumenti adeguati per la profonda conoscenza dei fenomeni e delle dinamiche connesse con il tema della mobilità sicura. Ogni strategia di gestione e di mitigazione non può prescindere da una conoscenza sia macroscopica e sia puntuale dei fenomeni: l'assenza di complete banche dati, strutturate, aggiornate ed accessibili a tutti i soggetti che a vario titolo sono coinvolti nei processi di gestione della sicurezza stradale, e senza la disponibilità di appositi strumenti di analisi e sistemi informativi che consentano delle valutazioni su basi oggettive, non è possibile pervenire a strategie efficaci di mitigazione ed abbattimento dell'insicurezza e dell'incidentalità stradale.

5.2.1 BUONE PRATICHE E SISTEMI DI ANALISI INCIDENTALE

Alla base di metodi efficaci di analisi incidentale, che non si limitino al computo della storia dei sinistri di un luogo, ma siano in grado di evidenziare trend e relazioni di causalità tra le dinamiche incidentali e l'ambiente, è fondamentale disporre di dati aggiornati ed accurati, che siano facilmente integrabili con altri giacimenti informativi, grazie anche alla componente spaziale dell'informazione. L'emergenza rispetto a tale tipo di analisi è evidentemente nella qualità della fonte, sono necessari infatti:

- metodologie per la rilevazione tempestiva ed accurata dei dati incidentali su strada, che consenta il georiferimento e la trasmissione del dato acquisito;
- standard per le informazioni raccolte ;
- potenziamento della diffusione e accessibilità dei dati , anche per i non addetti ai lavori
- realizzazione di un collegamento diretto e costante fra le fonti di informazione, ovvero fra i diversi soggetti presenti sul territorio che sono impegnati a vario titolo nel settore della mobilità (Polizia Stradale, Polizia Municipale, aziende di trasporto pubblico locale…);

- unificare i flussi di dati sanitari e quelli generati dalle diverse Forze impegnate nel rilievo degli incidenti

Di seguito si riportano degli esempi di esperienze e casi studio che tendono a tali obiettivi.

5.2.1.1 Data base

A livello europeo si possono annoverare diverse esperienze orientate alla standardizzazione e alla raccolta di dati incidentali, al fine di fornire agli stati membri e ai soggetti interessati, delle sufficienti basi di dati per analisi e predisposizione di buone pratiche per abbattere il fenomeno dell'incidentalità. La caratteristica fondamentale di tali sistemi consiste nel livello di disaggregazione del dato e della sua accuratezza.

CARE DATABASE

Il *CARE* [72] *Community Road Accident Database* è un database europeo contenete i dati sugli incidenti in forma disaggregata orientato al supporto decisionale sulla sicurezza stradale in ambito comunitario. È un elemento del programma *IDABC* (Interoperable Delivery of European eGovernment Services to public Administrations, Business and Citizens), iniziativa fortemente imperniata sull'impiego delle ICT per la diffusione della conoscenza su diverse tematiche e sulla cooperazione tra istituzioni cittadini nella gestione della cosa pubblica.

CARE è un progetto basato sull'interoperabilità dei dati i cui obiettivi sono da un lato la migliore conoscenza del fenomeno dell'incidentalità stradale, dall'altro sull'individuazione, valutazione e condivisione di misure di mitigazione del rischio incidenti tra stati membri.

Le finalità del progetto escludono esplicitamente analisi di dettaglio, per esempio quelle che prevedono una localizzazione precisa degli eventi, concentrando l'attenzione su variabili e indicatori di tipo prettamente statistico orientate per lo più a valutazioni comparative tra stato e stato. Le classi di informazioni gestite dal database sono:

- Tipologia di soggetto, sesso, fascia di età;
- Tipologia di veicolo;
- Tipologia di zona;
- Rete stradale e incroci;
- Tipo di incidente;
- Condizioni di illuminazione e meteo;
- Giorno della settimana.

Come parte del programma IDABC, il progetto CARE sviluppa in modo sostanziale la componente legata all'interoperabilità dei dati e le metodologie di omogeneizzazione degli archivi forniti dai diversi stati membri, arrivando a definire un set di 38 diverse variabili a loro volta basate su 488 parametri definiti in modo omogeneo e condiviso. Pubblicato nel 2002, il sito web da cui è possibile scaricare i report di sintesi, pubblica informazioni sugli incidenti rilevati a partire dal 1991.

Attualmente le informazioni acquisite sono confluite nel programma generale di Road Safety della Commissione Europea che ha di fatto messo a sistema la base di dati nell'ottica di uno sviluppo progressivo di servizi alla comunità, Figura 57.

[72] *CARE*, http://ec.europa.eu/idabc/en/document/2281/5926.html

Figura 57:Il map viewer sui dati di incidentalità , ec.europa.eu/transport/road_safety

IRTAD DATABASE

IRTAD [73] *International Road Traffic and Accident Database* è un'iniziativa dell'OCSE (Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico) che risale al 1988, anno di pubblicazione del "Road Transport Research Programme" nel quale l'organizzazione dà avvio alla costruzione di una base dati sull'incidentalità stradale.

IRTAD, attualmente gestito tramite l'"International Transport Forum", è di fatto sia un database e sia un gruppo di lavoro. Come chiaramente indicato nel sito del forum, il database include sia i dati sugli eventi incidentali e quelli sul traffico sia alcuni indicatori per i 29 paesi monitorati (tra cui vi è anche l'Italia). Il gruppo di esperti è denominato "International Traffic Safety Data and Analysis Group" (IRTAD Group) e fa capo al "Joint Transport Research" dell'OCSE oltre che all'International Transport Forum" stesso. L'IRTAD Group è a tutti gli effetti un board multi-attore essendo composto da ricercatori ed esperti provenienti da organizzazioni internazionali, università, associazioni di automobilisti e esponenti del settore industriale, e ha l'obiettivo di svolgere ricerche e analisi in tema di sicurezza stradale.

La struttura dei dati è composta di più di 500 entità; i report pubblicati sul sito forniscono informazioni aggregate per stato membro o anno solare sui seguenti elementi tematici:

- Incidenti classificati per singola strada;
- Numero di morti per tipologia di utente ed età, per sesso ed età o per singola strada;
- Numero di morti tra conducente/passeggero per età;
- Numero di feriti ospedalizzati per tipologia di utente, fascia d'età e singola strada;
- Numero di persone coinvolte negli incidenti per tipologia di utente;
- Indicatori di rischio: morti, feriti ospedalizzati, persone coinvolte rapportate alla popolazione o estensione della rete;
- Tre tipi di indicatore di incidentalità mensile;
- Popolazione per fascia di età;

[73] *IRTAD*, http://*www.irtad.net/*

- Numero veicoli per tipologia;
- Estensione della rete stradale per tipo di strada;
- Chilometri percorsi per tipo di strada e tipo di veicolo;
- Chilometri percorsi da passeggeri per tipo di mezzo di trasporto;
- Percentuale di utilizzo delle cinture di sicurezza;
- Aree del paese.

Il database ha il chiaro obiettivo di fungere da collettore dei dati istituzionali e da punto di accesso diretta alle informazioni sulla sicurezza stradale. I reports pubblicati sono ripartiti in "Long-term Trends" e "Short-term Development" e vengono prodotti in forma di tabulato e in forma di grafici sintetici stato per stato.

IRTAD Database, December 2012 -- Fatalities by road use

		All road users	Pedestrians	% all road user fatalities	Bicyclists	% all road user fatalities	Powered 2wheelers	% all road user fatalities	Passenger car occupants	% all road user fatalities
Australia	2011	1277	185	14.5	34	2.7	202	15.8	855	67.0
Austria	2011	523	87	16.6	42	8.0	85	16.3	290	55.4
Belgium	2010	840	106	12.6	70	8.3	124	14.8	444	52.9
Canada	2010	2227								
Czech Republic	2010	802	168	20.9	80	10.0	99	12.3	403	50.2
Denmark	2011	220	33	15.0	30	13.6	37	16.8	110	50.0
Finland	2011	292	41	14.0	19	6.5	38	13.0	172	58.9
France	2011	3963	519	13.1	141	3.6	980	24.7	2062	52.0
Germany	2011	4009	614	15.3	399	10.0	778	19.4	1986	49.5
Great Britain	2011	1901	453	23.8	107	5.6	362	19.0	883	46.4
Greece	2010	1258	179	14.2	23	1.8	408	32.4	542	43.1
Hungary	2011	638			85	13.3	83	13.0	268	42.0
Iceland	2011	12	4	33.3	0	0.0	1	8.3	7	58.3
Ireland	2010	212	44	20.8	5	2.4	17	8.0	130	61.3
Israel	2011	341	115	33.7	16	4.7				
Italy	2010	4090	614	15.0	263	6.4	1146	28.0	1817	44.4
Japan	2011	5450	1970	36.1	856	15.7	991	18.2	1058	19.4
Korea	2011	5229	2044	39.1	272	5.2	1050	20.1	1176	22.5
Luxemburg	2011	33	6	18.2	2	6.1	3	9.1	21	63.6
Netherlands	2011	546	65	11.9	144	26.4	77	14.1	209	38.3
New Zealand	2011	284	31	10.9	9	3.2	33	11.6	199	70.1
Norway	2011	168	17	10.1	11	6.5	17	10.1	100	59.5
Poland	2011	4189	1408	33.6	314	7.5	379	9.0	1897	45.3
Portugal**	2011	891	199	22.3	45	5.1	187	21.0		
Slovenia	2011	141	21	14.9	14	9.9			69	48.9
Spain	2011	2060	380	18.4	49	2.4	422	20.5	977	47.4
Sweden	2010	266	31	11.7	21	7.9	45	16.9	151	56.8
Switzerland	2011	320	69	21.6	39	12.2			119	37.2
United Kingdom	2010	1905	415	21.8	111	5.8	413	21.7	867	45.5
USA	2010	32885	4280	13.0	618	1.9	4502	13.7	12435	37.8

*PTWs without mopeds

**Due to the adoption of the international methodology, the fatality data for Portugal from 2010 onwards is recorded within 30 days.

Figura 58:Report tabulato Short-term Development – Facilities by road use

DACOTA

DaCoTA[74] è un progetto europeo co-finanziato dal Direttorato Generale per la Mobilità e i Trasporti della Commissione Europea nell'ambito dell'Osservatorio Europeo sulla Sicurezza Stradale ("European Road Safety Observatory") e in partenariato con numerosi enti e organizzazioni tra cui università istituzioni e centri di ricerca. Il team di progetto si occupa di acquisire ed elaborare dati provenienti da 30 paesi diversi con l'obiettivo di migliorare la conoscenza in tema di sicurezza stradale e supportare processi decisionali negli stati membri. Come chiaramente evidenziato nella home page del sito web del progetto, gli obiettivi specifici vanno dal supporto alle politiche sulla sicurezza stradale allo sviluppo di una rete di ricerca a livello comunitario, dalla valutazione di sistemi intelligenti alla diffusione di conoscenza sui rischi e sull'entità sul fenomeno dell'incidentalità stradale.

Il progetto è iniziato il 01/01/2010 e ha una durata di 36 mesi; i work packages sono 6:

- Policy-making and Safety Management Processes
- Developing a Pan-European Accident Investigation Network
- Data Warehouse
- Decision Support

[74] *DaCoTa*, http://www.dacota-project.eu

- Safety and eSafety
- Driver Behaviour Monitoring through Naturalistic Driving

Come si può notare dal WP3, il progetto si fonda sulla costituzione di una base dati strutturata dotata di adeguati protocolli di interscambio e strumenti di accesso. Nella costituzione del core database è presente una fase di omogeneizzazione e integrazione dei dati esistenti anche non necessariamente afferenti al fenomeno dell'incidentalità stradale. Nel WP4, riferito specificatamente ai processi decisionali, è invece presente un task specifico sulla progettazione e realizzazione di quelli che vengono definiti "tools for policy support" la cui finalità è quella di restituire in forma sintetica e intuitiva un cruscotto di informazioni con il quale poter svolgere analisi comparative tra le diverse situazioni che si possono verificare all'interno dell'area UE.

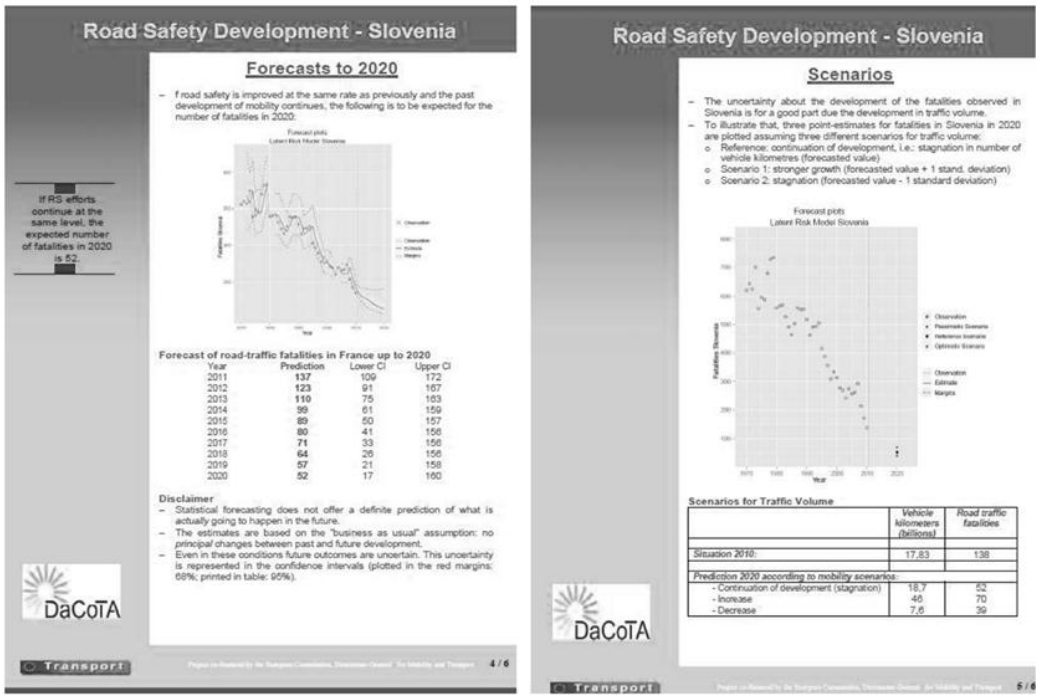


Figura 59:Uno dei Forecast Tool sviluppati nell'ambito del WP4

Il progetto in sostanza ha reso disponibile un quadro di riferimento a supporto della pianificazione delle strategie dei paesi europei per la sicurezza stradale mediante una sistematica raccolta e condivisione di iniziative e buone pratiche.

5.2.1.2 Sistemi informativi

La disponibilità di sistemi informativi in grado di sintetizzare nuova informazione e renderla fruibile ai diversi soggetti coinvolti sul tema della mobilità è fondamentale non solo per gli enti che hanno la responsabilità delle reti, per i quali essi sono strumenti irrinunciabili per una gestione ottimizzata, ma sono altrettanto importanti per gli utenti per acquisire informazioni sulle condizioni di mobilità e valutare la loro esposizione a rischio e livello di comfort di viaggio.

HIGHWAY SAFETY INFORMATION SYSTEM

L' *Highway Safety Information System* [75]è il sistema informativo sulla sicurezza stradale sviluppato dalla Federal Highway Administration del Dipartimento dei Trasporti statunitense.

[75] *Highway Safety Information System,* http://www.hsisinfo.org/index.cfm

Come chiaramente evidenziato dai materiali divulgativi, l'obiettivo dichiarato è quello di supportare i processi decisionali sulla sicurezza con un'adeguata base conoscitiva costituita da un database dinamico contenente i dati su incidenti, rete stradale, e volumi di traffico.

Il sistema è attualmente operativo su sette stati dell'unione: California, Illinois, Maine, Michigan, Minnesota, North Carolina, Ohio, Utah e Washington per i quali mette a disposizione le seguenti informazioni:

	CA	IL	ME	MI	MN	NC	OH	UT	WA
Crash	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Roadway	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Traffic Volume	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Curve/Grade		X					X	X	X
Intersection	X		X		X				
Interchange	X	X	X	X	X				X

Figura 60:Prospetto dei livelli sviluppati per diversi Stati

Il livello *Crash* contiene i dati di base sugli eventi incidentali: veicoli, occupanti, natura e gravità dell'evento e condizioni meteo. Il livello *Roadway* contiene invece informazioni tipologiche sulla rete come sezioni trasversali, classificazione amministrativa e funzionale, numero e dimensione delle corsie, delimitazione e tipologia di sede stradale. *Traffic Volume* contiene invece i dati medi di traffico (Annual Average Daily Traffic - AADT) con l'aggiunta di dati sul volume orario e incidenza di traffico pesante sul volume totale. *Curve/Grade* riguarda i dati sulla geometria come lunghezze, raggi di curvatura, pendenze. *Intersection* contiene informazioni sugli incroci e sui sistemi di controllo, indirizzamento e impianti installati: semafori, segnaletica specifica, corsie. *Interchange* infine contiene informazioni sugli svincoli di accesso tra le strade di diverso ordine, con dati sul tipo di barriera e di rampe.

Il sito web mette a disposizione report di sintesi e una modulistica per la richiesta di fornitura di dati che non sono consultabili o scaricabili direttamente dal sito se non previo inoltro di formale richiesta: nato con finalità statistiche, il servizio fornisce dati grezzi estratti da un database relazionale ed esportati nei formati comuni come .XLS, .MDB, .dBase, ASCII e altri non specificati, oltre che nel formato utilizzabile dal noto software statistico SAS. Al servizio fa capo un vero e proprio laboratorio che offre servizi di supporto specialistico per analisi con procedure di merging e GIS based concordabili con lo staff.

HSIS è ritenuto a tutti gli effetti una "best practice" per numerosi motivi tra cui la gestione integrata delle informazioni su incidenti, rete e traffico, la disponibilità di dati omogenei per più stati dell'unione, una buona documentazione, lo sviluppo di iniziative di coinvolgimento di ricercatori in programmi di ricerca sulla sicurezza stradale e, non ultima, la disponibilità a titolo gratuito dei dati a qualsiasi utente mediante semplice richiesta.

SafetyNET

SafetyNet[76] è sviluppato da *Abley Transportation Consultant* [77] per l'Agenzia per i Trasporti neozelandese (NZTA); esso è definito un "safety network evaluation tool", ovvero

[76] *Safetynet*, http://www.safetynet.org.nz/

[77] *Abley Transportation Consultant*, http://www.abley.com

un'applicazione web interattiva GIS-based finalizzata alla valutazione delle performance della rete stradale.

L'applicazione è sostanzialmente costituita di un browser geografico (web-GIS) che permette di accedere alle informazioni sugli incidenti registrati e sulle caratteristiche della rete autostradale nazionale associati alle diverse tratte predefinite. Si tratta a tutti gli effetti di un DSS (Decision Support System) dedicato a soggetti gestori della rete e a istituzioni che si occupano di sicurezza stradale, i quali possono disporre in modo diretto e agevole delle informazioni aggiornate necessarie a pianificare interventi diversi per mitigare le situazioni di rischio messe in evidenza dal quadro delle conoscenze.

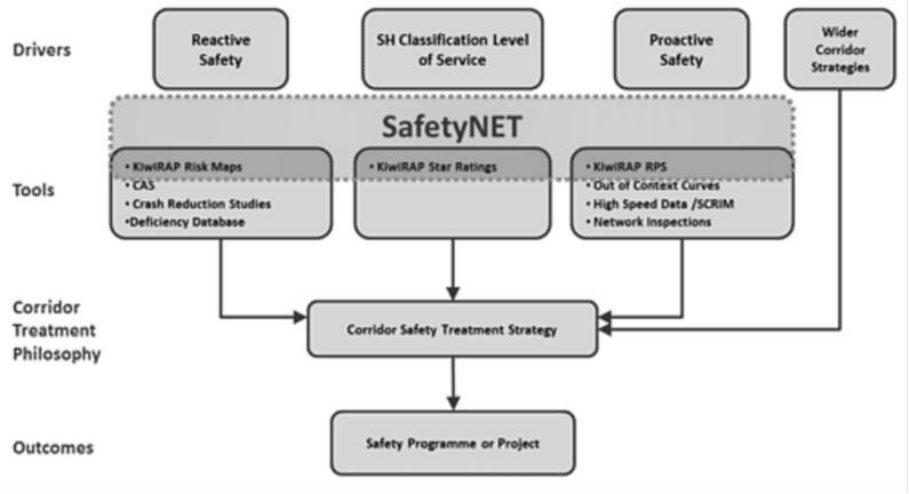


Figura 61:Strategia di gestione della rete autostradale della NZTA

Come evidenziato dal diagramma che rappresenta la strategia della NZTA, SafetyNET si colloca a monte dei processi decisionali a cavallo dei diversi tools che costituiscono gli strumenti valutativi in mano all'agenzia per pianificare correttamente le proprie azioni, con un approccio chiaramente orientato alla conoscenza dei fenomeni specifici legati alla mobilità in sicurezza.

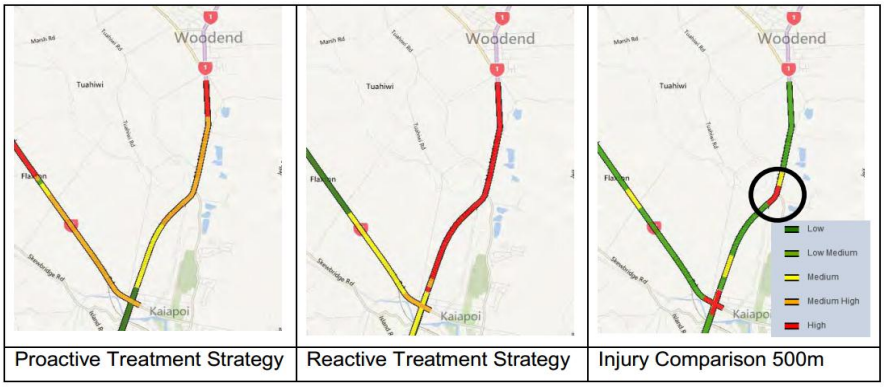


Figura 62:Esempio dell'approccio strategico alla base dell'applicazione

Nell'esempio riportato sopra si evidenzia come la comparazione di diversi indicatori consenta al decisore di scegliere tra diversi approcci in un contesto caratterizzato da risorse impiegabili limitate, permettendo di fatto ottimizzare gli investimenti sulla sicurezza. L'interfaccia di SafetyNET non è aperta al pubblico ma è limitata ai soli soggetti autorizzati in possesso di credenziali di accesso.

CRASHMAP.CO.UK

Crashmap.co.uk [78]è una delle molte applicazioni web oriented su base geografica finalizzate alla mappatura degli incidenti stradali. Sviluppata da un team di specialisti ed esperti di sicurezza stradale in Inghilterra favoriti dal rilascio da parte dell'amministrazione centrale dei dati di dettaglio sugli incidenti stradali rilevati, è un'applicazione dedicata al cittadino ma prevede il pagamento di una *click charg*e per l'accesso ai dati di dettaglio sugli incidenti i cui proventi servono a garantire il mantenimento online del servizio.

L'applicazione offre le seguenti funzioni gratuite di base:

- Ricerca libera sull'intero territorio nazionale
- Filtri di ricerca sull'anno dell'evento
- Visualizzazione diretta della gravità dell'evento
- Visualizzazione della data dell'evento

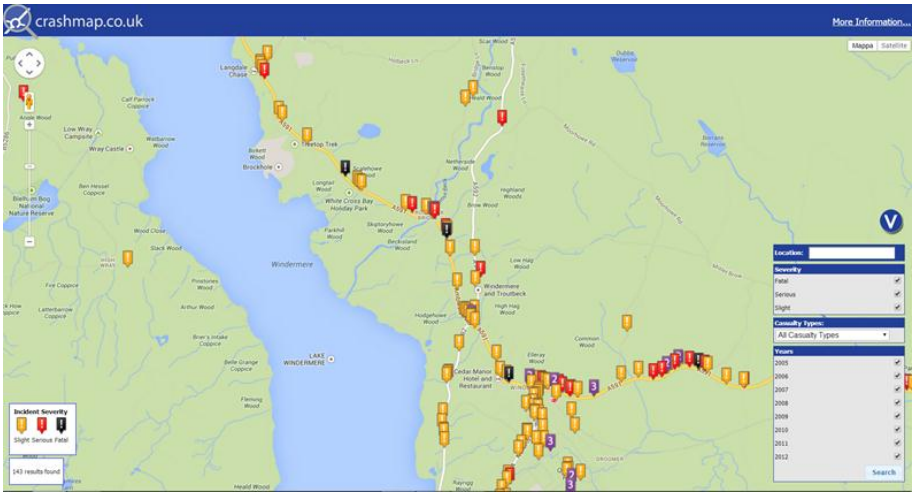


Figura 63:Interfaccia geografica di crashmap.co.uk

Si tratta di un tipico mash-up su base Google Maps ottenuto mappando informazioni di dettaglio, già provviste di localizzazione, rilasciate per mezzo del portale data.gov.uk sulla scia del popolare movimento dell'Open Data.

crashmap.co.uk

CrashMap Crash Report - Crash Vehicle Summary

Crash Date:	Sunday, January 14, 2007	**Time of Crash:**	12:11:00 PM	**Crash Reference:**	17139842
Highest Injury Severity:	Serious	**Number of Vehicles:**	2	**Number of Casualties:**	1
Highway Authority:	Lancashire County				
Local Authority:	Lancaster City				
Road Number:	A6	**Road Type:**	Single carriageway		
Weather Description:	Fine without high winds				
Road Surface Description:	Wet or Damp				
Speed Limit:	30	**Junction Control:**	Give way or uncontrolled		
Light Conditions:	Daylight: street lights present				
Carriageway Hazards:	None				
Junction Detail:	T or staggered junction				
Junction Pedestrian Crossing:	Pelican, puffin, toucan or similar non-junction pedestrian light crossing				

Figura 64:esempio di report di dettaglio incidente

[78] *Crashmap.co.uk*, http://www.crashmap.co.uk

5.2.2 BUONE PRATICHE E SISTEMI DI ANALISI E GESTIONE DELLA SICUREZZA

L'approccio alle analisi di sicurezza pone al centro del sistema il fattore infrastruttura, nelle sue caratteristiche strutturali e funzionali, e le modalità di gestione manutenzione che influiscono sul livello di sicurezza garantito agli utenti. L'analisi incidentale è vista all'interno di questo approccio come strumento per individuare e verificare le aree in cui esistono delle lacune strutturali e funzionali sulla strada.

In questa ottica il miglioramento della rete infrastrutturale assume grande rilevanza perché è l'elemento che, attraverso accorgimenti progettuali e gestionali, può orientare anche il comportamento di molti utenti verso le buone e sicure pratiche di guida; gli interventi possibili in quest'ambito riguardano:

- Analisi e classificazione delle strade in relazione alla sicurezza, per consentire un'efficiente programmazione delle scelte di intervento;
- Manutenzione della rete infrastrutturale, a partire dagli interventi più semplici come l'adeguamento della segnaletica, fino a sistemi di sicurezza passiva (sistemazione dei margini, distanza dalla traiettoria di marcia degli ostacoli eventualmente presenti, come alberi, impianti, segnali, cartelli pubblicitari);
- Monitoraggio degli interventi attuati anche attraverso sistemi di valutazione su base wiki, che valutino la sicurezza delle strade attraverso l'espressione di giudizi, assolvendo anche alla funzione di comunicazione tra utenti e decisori;
- Interventi a favore dei soggetti deboli della strada attraverso la separazione dei flussi di traffico di pedoni, ciclisti e motociclisti dall'impatto con il traffico automobilistico;

Di seguito si riportano alcune esperienze orientate al perseguimento di tali obiettivi.

5.2.2.1 Sistema gestione sicurezza

Tra le più interessanti applicazioni a livello internazionale dedicate alla sicurezza stradale troviamo l' *Highway Safety Manual tools*[79]" della AASHTO *American Association of State Highway and Transportation Officials* e i "Data and Safety Analysis Tools" della FHA *Federal Highway Administration* del Dipartimento dei Trasporti statunitense.

HIGHWAY SAFETY MANUAL TOOLS

Parte integrante della manualistica vera e propria, il cui obiettivo riprende ancora l'importante tema della valutazione degli impatti delle scelte in tema di sicurezza e quindi quello di giustificare investimenti in questo ambito, gli *electronic tools* forniti dal HSM consentono di gestire dataset diversi ottenendo efficacemente report di analisi e di sintesi a supporto dei processi di progettazione, gestione e manutenzione della rete stradale mettendo in primo piano le questioni legate alla sicurezza. I tools utilizzati all'interno del HSM e quindi proposti all'utenza specializzata sono cinque:

- Crash Modification Factors Clearinghouse
- SafetyAnalyst
- Interactive Highway Safety Design Model (IHSDM)
- NCHRP HSM Data Needs Research Digest
- Spreadsheets and ISAT for Part C Calculation

[79] *Highway Safety Manual tools HSM*, http://www.highwaysafetymanual.org/

Il "*Crash Modification Factors Clearinghouse*", è un database con interfaccia web con motore di ricerca interno che permette l'accesso ad un'ampia base documentale sulla pluralità di misure che possono essere messe in atto per incidere sul rischio di incidente stradale. Il Crash Modification Factor è infatti un parametro quantitativo che esprime la stima di quanto possono variare gli incidenti stradali in un determinato contesto per effetto di una specifica azione.

Il "*SafetyAnalyst*" è invece un software specificatamente progettato per supportare gli enti di gestione delle infrastrutture autostradali nell'attuazione delle sei fasi principali di sviluppo dei programmi di sicurezza stradale, ovvero screening della rete, diagnosi delle criticità, definizione di misure di intervento, valutazione economica, definizione di priorità e valutazione dell'efficacia. Anche questo tool comprende una base dati strutturata di informazioni tecniche specifiche e realizzata in collaborazione con i diversi enti di gestione della rete autostradale.

L'*IHSDM* è una suite di software dedicata alle analisi della morfologia e geometria della strada. Anche questo definito *decision-support tool,* si compone di sei diversi moduli: *Crash Prediction, Design Consistency, Intersection Review, Policy Review, Traffic Analysis, Driver/Vehicle*, oltre che di una documentazione specialistica anche derivata da cotesti e progetti di ricerca.

Il quarto tool, "*NCHRP HSM Data Needs Research Digest*", è un riepilogo liberamente accessibile dei dati necessari a sviluppare alcune delle procedure trattate nel manuale di sicurezza, mentre il quinto consiste in alcuni fogli di calcolo con esempi di elaborazioni utili all'applicazione dei vari metodi proposti.

FHWA DATA AND SAFETY ANALYSIS TOOLS

Dal portale federale americano safety.fhwa.dot.gov sulla sicurezza stradale il Dipartimento dei Trasporti offre una ricca serie di strumenti, raccolti sotto il nome di *Data And Safety Analysis Tools*[80], dedicati sia alle istituzioni, sia agli operatori locali che intendano comprendere a fondo le problematiche e i fenomeni connessi alla mobilità in sicurezza. Alcuni di questi strumenti sono quelli già descritti sopra con riferimento al Highway Safety Manual; oltre a questi quindi troviamo inoltre tre strumenti di gestione dati quali:

- Il *Model Minimum Inventory of Roadway Elements* – MMIRE, un catalogo codificato di dati su incidenti e rete stradale orientato alla sicurezza;
- Il *Digital Highway Measurement System* – DHM, un dataset di misure ottenute con veicoli ad alto rendimento;
- Il *Highway Safety Information System* – HSIS, un database strutturato, disponibile per alcuni degli stati dell'unione, con dati di dettaglio su incidenti, rete e volumi di traffico.

A cui si aggiunge il *FHWA GIS Safety Analysis Tools*, un software di analisi GIS dedicato alla viabilità.

- Sono presenti inoltre quattro strumenti dedicati alla sicurezza dei ciclisti:
- Il *Pedestrian and Bicycle Crash Analysis Tool* – PBCAT, un tool di analisi sugli incidenti bicicletta-veicoli a motore;
- Il *Pedestrian Safety Guide and Countermeasure Selection System* – PEDSAFE, un tool con finalità informative/educative;
- Il *Bicycle Countermeasure Selection System* – BIKESAFE, un secondo tool informativo molto simile al precedente;

[80] *Data And Safety Analysis Tools,* http://safety.fhwa.dot.gov/tools/data_tools/fhwasa09002

- Il *Pedestrian and Bicycle Geographic Information System* (GIS) Safety Tools, un software GIS-based di analisi con funzioni dedicate alla mobilità in bicicletta.
- Due strumenti orientati all'analisi di incroci e tratte di interscambio:
- L'*Interchange Safety Analysis Tool* – ISAT, uno strumento di analisi geometrica dedicato alla valutazione della sicurezza degli incroci;
- Il *Surrogate Safety Assessment Module* – SSAM, un secondo strumento di analisi comparativa di soluzioni basato su un modello di simulazione.
- Due strumenti dedicati ai crash test e alla dinamica dei veicoli
- Il *Finite Element Analysis* – FEA, un software di supporto alla progettazione di barriere e protezioni;
- Il *Vehicle Dynamics Analysis* – VDA, un simulatore di incidente specifico per la valutazione dell'efficacia delle barriere.

CONTEXT SENSITIVE SOLUTION

Una maggiore enfasi all'approccio collaborativo caratterizza invece un ulteriore strumento di ausilio allo sviluppo di progetti sulla mobilità sviluppato a partire dal 2004 sulla base delle attività condotte da FHA e AASHTO: si tratta di *Context Sensitive Solution*.org[81].

Di fatto, più che uno strumento è un approccio metodologico, CSS.org nasce come "*web-based national resource center for Context Sensitive Solutions*", ovvero come repositorio organizzato delle risorse utili alla progettazione di sistemi di trasporto e mobilità con carattere fortemente pluri-attoriale. Dal varo del sito web gran parte della corposa documentazione prodotta in materia a livello nazionale viene resa disponibile online alle comunità e agli operatori specializzati; guide, best practices, manuali, archivi e strumenti software vengono organizzate in modo strutturato e coerente all'interno delle sezioni del sito con l'obiettivo di alimentare in modo sistematico un approccio strategico alla progettazione di soluzioni efficaci e sicure nel settore dei trasporti.

L'approccio alle Context Sensitive Solutions è caratterizzato da quattro principi di base:

- Forte enfasi sulla costituzione di una vision condivisa tra attori diversi come elemento di base per i processi decisionali
- Miglioramento della comprensione di fenomeni e contesti
- Miglioramento della comunicazione e condivisione delle conoscenze per un rafforzamento del consenso tra gli attori
- Sviluppo di flessibilità e creatività finalizzate alla formulazione di soluzioni efficienti e sostenibili

L'adozione di un approccio alle CSS è supportato efficacemente mediante strumenti formativi quali programmi di training, webinar erogati via piattaforma web.

[81] *Context Sensitive Solution*, http://contextsensitivesolutions.org

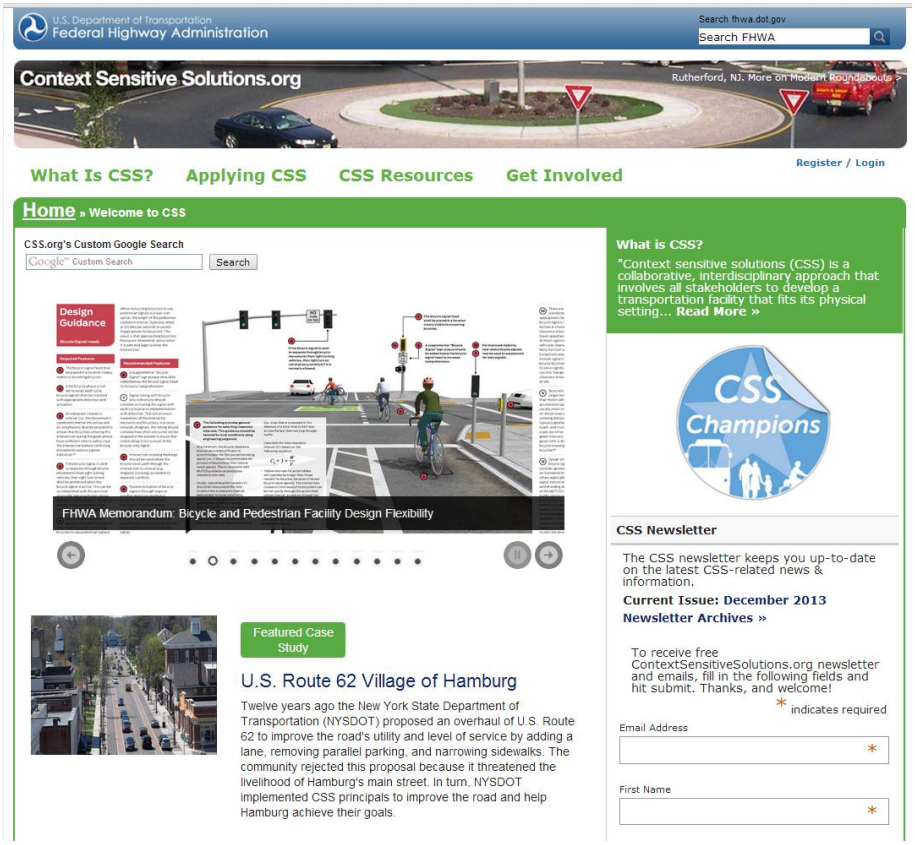


Figura 65:Strumento di condivisione di Best Practices, Context Sensitive Solution

FIX MY STREET

Il progetto inglese FixMyStreet[82] è stato varato nel novembre 2010 nell'ambito del programma MySociety.org. FixMyStreet non è solamente una delle prime piattaforme geografiche online di geotagging a tema, è soprattutto uno dei primi esempi di nuova modalità di dialogo tra istituzioni e comunità locale.

Il tema di questa iniziativa è molto evidente e circoscritto, si tratta infatti delle problematiche più frequenti connesse alla rete stradale. La verticalità del tema ha sostanzialmente favorito lo sviluppo di un'applicazione che ad una semplicità tecnica piuttosto evidente associa invece un modello organizzativo di grande interesse che garantisce una risposta rapida a tutte le istanze avanzate dal cittadino e la possibilità di seguire online il suo iter.

L'oggetto delle segnalazioni va dal degrado della pavimentazione, all'illuminazione al drenaggio delle acque meteoriche, e ogni indicazione viene georiferita dall'utente o tramite il GPS del dispositivo mobile utilizzato oppure tramite geo-tag in mappa.

[82] *FixMyStreet*, http://www.fixmystreet.com/

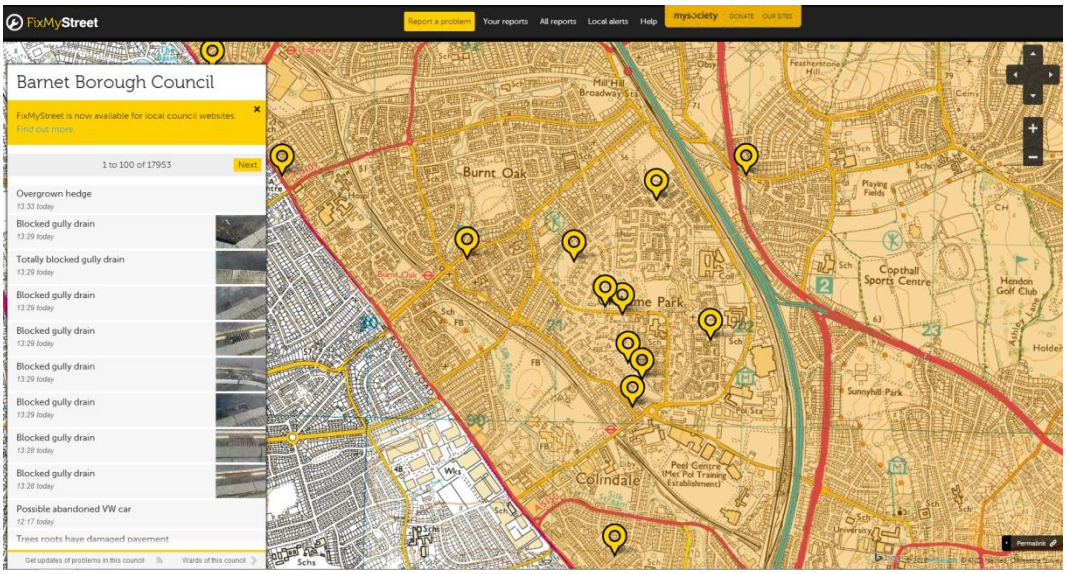


Figura 66:Interfaccia FixMyStreet

WAZE

Waze [83]nasce come App IOS nel 2008 ad opera di una start up israeliana con l'obiettivo di creare una community di utenti che segnalano in tempo reale le condizioni di traffico per mezzo del proprio smartphone. Oggi, con milioni di utenti registrati, Waze è una piattaforma completa composta di segmento mobile multipiattaforma (IOS, Android, Windows Phone) con navigatore stradale e sistema di log in tempo reale e segmento desktop composto da una live map aggiornabile degli utenti, un blog e altre sezioni accessorie.

La logica di funzionamento di Waze è piuttosto semplice: l'utente acconsente di comunicare dati al server centrale e, facendo questo, invia due tipi di informazioni, una volontaria e una involontaria; la prima costituita da segnalazioni specifiche, la seconda invece dal track-log del percorso effettuato. Con le informazioni inviate, il server di Waze elabora indicatori di traffico e allarmi che vengono reinvitate a tutti gli utenti della community.

I dati sulle velocità medie di percorrenza consentono al navigatore sul dispositivo mobile di raffinare il calcolo dei percorsi adeguando in tempo reale le scelte in ragione di eventuali problemi di congestione o blocchi stradali.

Figura 67:Live map di Waze

[83] *Waze,* http://www.waze.com

TOM TOM HD TRAFFIC e MERCEDES-BENZ LIVE TRAFFIC

Sul versante prettamente business, occorre segnalare il servizio sviluppati congiuntamente da TomTom e Mercedes con Daimler e Deutsche Telekom finalizzati ad offrire un servizio in linea generale analogo a Waze ma per un segmento di mercato caratterizzato da una disponibilità a pagare l'offerta di un supporto a livelli e affidabilità superiori e garantiti. La partnership con il gestore di telefonia mobile garantisce la copertura di rete senza costi aggiuntivi per l'utente il quale si trova a pagare il servizio come optional nell'acquisto dell'autovettura.

Si tratta dunque in questo caso di un sistema completamente integrato nel mezzo che svincola l'utilizzatore da qualsiasi incombenza. Possiamo definirlo un "veicolo intelligente" in quanto costantemente connesso alla rete e che invia e riceve in tempo reale le informazioni necessarie a migliorare l'utilizzo generale della rete stradale. I flusso di dati è continuo tra i singoli mezzi e il sistema e viceversa tra sistema e veicoli e permette di segnalare eventuali incolonnamenti con una precisione dichiarata di 100m migliorando di conseguenza il calcolo dei percorsi di ciascun automobilista in zona dotato di navigatore TomTom. Si noti che la partnership TomTom-Mercedes consente di usufruire del servizio di ricalcolo del percorso anche ai possessori di un dispositivo di navigazione stand-alone, quindi non solo i possessori di un veicolo Mercedes.

GEOBLOG SICUREZZA STRADALE

La relativa semplicità nella realizzazione di blog o Mash-up tematici con l'impiego dei servizi di web mapping pubblico offerti da soggetti come Google, Microsoft, Yahoo ecc. ha favorito il proliferare di applicazioni sviluppate da appassionati, ma anche da aziende e professionisti, caratterizzate da dinamiche sostanzialmente riconducibili al social networking. Le potenzialità del crowdsourcing anche in questo caso sono piuttosto evidenti e in forte crescita anche in ragione del rapidissimo aumento degli utenti connessi in rete.

Applicazioni di questo tipo vanno dalla semplice realizzazione di blog tematici com'è il caso del progetto Strade Killer promosso dalla rubrica Motori di Repubblica.it, al vero e proprio geoblog come ad esempio Blackpoint [84] della fondazione ANIA attiva nel campo della sicurezza stradale.

Figura 68:Strade Killer – www.repubblica.it/motori

[84] *Blackpoint*, http://www .smaniadisicurezza.it

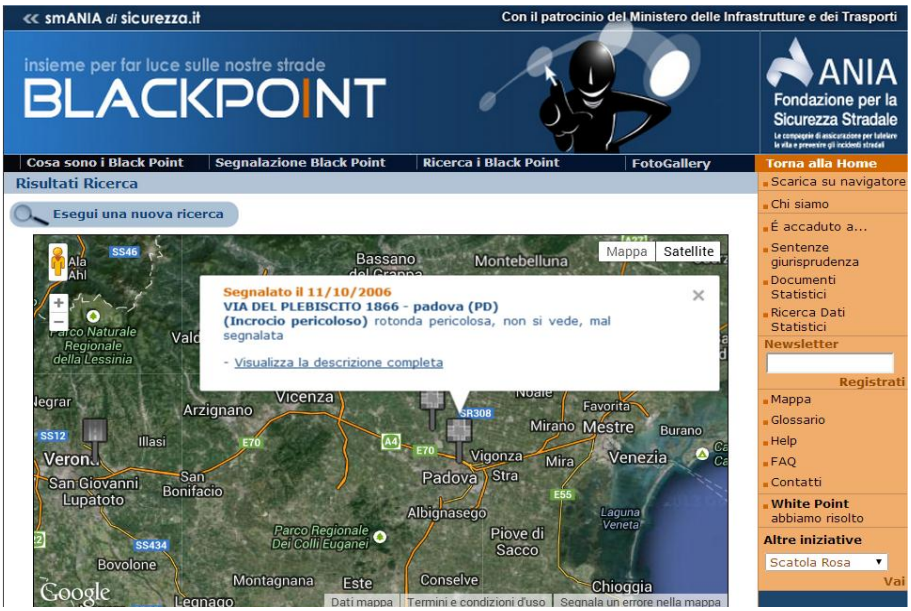


Figura 69:blackpoint.smaniadisicurezza.it

L.A. STREET MAP

L.A. Street Map [85]è una mappatura globale della qualità delle strade nella città di Los Angeles; basato sui dati rilasciati dal Bureau of Street Services, servizio pubblico che svolge un monitoraggio continuo dello stato della pavimentazione e dei sistemi di illuminazione e drenaggio delle diverse vie della città, è una base di conoscenza finalizzata sia al mantenimento dei livelli di efficienza del sistema di viabilità urbano sia al miglioramento della consapevolezza diffusa sul suo stato presso la comunità.

L'applicazione, sviluppata dal *Los Angeles Times Data Desk*, il servizio di elaborazione dati della nota testata giornalistica, è del tipo web-oriented e offre una mappatura dello stato qualitativo di ogni tratta urbana visualizzato con tre diversi livelli di aggregazione: tratta, quartiere, distretto secondo una legenda semplice e immediata strutturata in 5 classi e una gamma cromatica in 9 varianti dal giallo al violetto. Il significato delle cinque classi è il seguente:

- A: stato ottimale. Nessuna manutenzione necessaria;
- B: lievi fratture della pavimentazione, nessun degrado nelle armature e nelle strutture. Consigliato ripristino delle sigillature;
- C: lievi fratture della pavimentazione, degrado delle strutture nell'ordine massimo del 5%. Consigliato ripristino della pavimentazione;
- D: alcune fratture della pavimentazione, degrado delle strutture dal 6% al 35%. Necessario rifacimento complete della pavimentazione.
- F: degrado molto evidente e rischi per la sicurezza, più del 36% di strutture degradate. Necessario rifacimento completo della pavimentazione o ricostruzione delle strutture.

[85] *L.A. Street Map*, graphics.latimes.com/la-streets-map

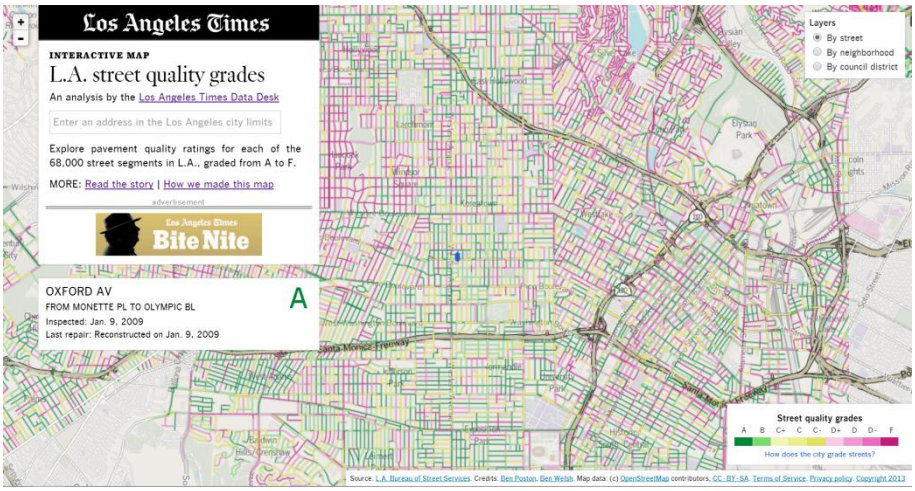


Figura 70:Visualizzazione qualità della pavimentazione per tratta

La mappa interattiva è un tipico mash-up su base OpenStreetMap e permette di consultare il dato di dettaglio sulla tratta o l'area selezionata dall'utente. L'aggiornamento sullo stato di ogni strada viene effettuato in modo non omogeneo ma "a macchia di leopardo" in ragione dei sopralluoghi e rilevazioni che vengono effettuati nelle diverse zone della città.

STREET BUMP

Street Bump [86] è un'interessante applicazione per smartphone IOS che registra su base volontaria, il tracklog dei percorsi effettuati dall'utente nella città di Boston inviando al server centrale il tracciato GPS associato ai dati ottenuti dall'accelerometro interno del dispositivo. Queste informazioni permettono un'elaborazione in tempo reale lato server dello stato della pavimentazione stradale che viene utilizzata dagli uffici amministrativi sia per pianificare interventi di ripristino a breve termine, sia per programmare la manutenzione stradale a lungo termine. L'applicazione è sviluppata da ConnectedBits [87] in partenariato con *New Urban Mechanics*, una sorta di incubatore di iniziative diverse promosse per lo più dal mondo della ricerca dell'area di Boston e Philadelphia e sviluppate congiuntamente tra amministrazione, comunità locale e imprese.

Il web pubblico non permette l'accesso né ai dati di dettaglio né aa indicatori di sintesi, fornisce invece alcune indicazioni spot sull'intensità dei contributi degli utenti nelle varie aree della città; l'App personale consente invece di gestire i dati sui percorsi registrati dal possessore del dispositivo.

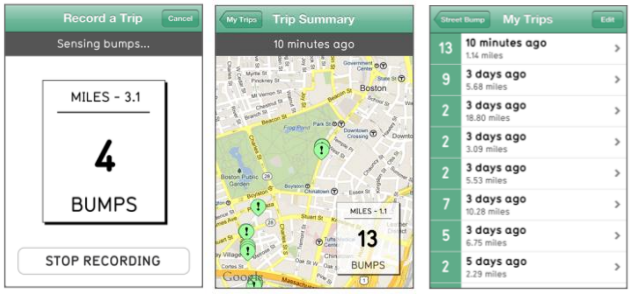


Figura 71:Schermate dell'app Street Bump

86 *Street Bump*, http://streetbump.org/
87 *ConnectedBits*, http://www.connectedbits.com

5.3 Riflessioni sul Capitolo 5

L'analisi sulle buone pratiche e delle esperienze prese a riferimento per la mitigazione e l'abbattimento del fenomeno dell'incidentalità evidenzia un duplice binario che vede da un lato l'innovazione sul versante del veicolo e dell' *automotive*, e dall'altro orientamento volto a realizzare infrastrutture intelligenti in grado di autodiagnosticare il loro livello di pericolo e comunicarlo alle utenze o essere dotate di accorgimento che abbattono il rischio incidentale.

Le due visioni convergono tuttavia nel comune obiettivo di minimizzare i fattori di rischio presenti nel sistema strada, agendo sulle cause che li generano: i veicoli intelligenti hanno come scopo quello di abbattere il fattore umano come elemento negativo e le interazioni tra i veicoli come fattori di rischio. Dall'altro canto l'infrastruttura intelligente mira a massimizzare la sua funzione di guida per l'utente e, nel caso Autostrade automatizzate, per i mezzi stessi, soprattutto attraverso una densa rete di comunicazione.

Tale prospettiva però esita a realizzarsi, soprattutto nel caso dei veicoli automatici, anche a causa della massiccia diffusione a cui tali sistemi devono tendere: sistemi di assistenza alla guida o veicoli semiautomatici sembrano, ad oggi, la soluzione più efficace per corrispondere a stringenti problemi di mobilità sicura, mentre sul versante infrastruttura, sistemi di gestione ed analisi della sicurezza appaiono del tutto realizzabili a fronte di oneri economici, come emerso dai casi analizzati. L'unico passo in avanti da fare è quello di rendere disponibili, accessibili ed integrabili dati sensibili necessari alla comprensione dei fenomeni e delle dinamiche di mobilità. A tal proposito si rende necessario operare una forte sensibilizzazione atta a spronare alla condivisione del dato e operare con strategie di standardizzazione ai fini dell'interoperabilità,

La panoramica sui sistemi di analisi della sicurezza e dell'incidentalità ha spesso evidenziato un approccio vasto alla tematica della mobilità, sintomo che la nuova visione di Smart Mobility , fondata sull'integrazione e sull'approccio olistico al problema dell'incidentalità è oramai riconosciuta anche dai soggetti istituzionali ed Enti di ricerca, come strumento strategico di analisi.

PARTE 2:MODELLO DI SMART SAFE ROAD

6 CAPITOLO - TRA INNOVAZIONE E CONOSCENZA DELLA MOBILITÀ

Lo scenario della mobilità stradale necessità di un radicale cambiamento volto all'innovazione culturale e tecnologica su processi e dinamiche, orientato soprattutto ad una migliore gestione alla sicurezza. In una prospettiva di medio lungo termine infatti, l'obiettivo risiede nella realizzazione sia di veicoli intelligenti completamente automatizzati nella funzione di guida, in grado di abbattere la componente di rischio legata al fattore umano e sia nella mitigazione della pericolosità delle infrastrutture mediante una profonda mappatura della strada e una rete cooperativa di comunicazione tra i diversi elementi del sistema. Tale prospettiva apre due scenari di dibattito: da un lato il rapido progresso del settore dell' *automotive* , mentre dall'altro si ricerca nell'analisi dell'infrastruttura stradale e nella sue caratteristiche la chiave per l'abbattimento del livello di rischio per la mobilità. Sulla base di analisi di letteratura e attraverso la sperimentazione maturata in occasione di partecipazioni a progetti di ricerca, ho ritenuto prioritario fondare il mio percorso sull'analisi dell'elemento stradale, al fine della realizzazione di una metodologie per la valutazione delle performance di sicurezza.

In questo capitolo viene applicato il concetto di innovazione alla fase conoscitiva del metodo: attraverso le nuove tecnologie è possibile giungere ad un nuovo modello di "quadro conoscitivo": il *City Model*, strumento in cui dati statici e dinamici si fondono per dare voce al territorio e ai suoi processi evolutivi.

6.1 Due strade Verso la Safe Smart Mobility: quale scegliere?

Il percorso evolutivo che dalle condizioni attuali di insicurezza e congestione ci condurrà verso una mobilità intelligente più sostenibile e sicura vede nel contributo delle nuove tecnologie e nell'informazione due elementi di grande valore. L'integrazione di tali fattori con le buone pratiche di gestione e un approccio orientato alla collaborazione tra i soggetti coinvolti porterà ad un nuovo modello di mobilità, in linea con il paradigma Smart City. Contemporaneamente l'Europa richiama l'attenzione sulla tematica dell'incidentalità, viste le dimensioni inaccettabili del fenomeno: le due visioni convergono verso il modello futuribile di veicoli intelligenti che viaggiano in maniera autonoma su strade intelligenti.

La fase di transizione verso un sistema di mobilità stradale più intelligente e sicuro è appena iniziata ma il dibattito è acceso tra due posizioni contrapposte che vedono l'una nel veicolo e l'altro nella strada, le principali leve su cui agire. L'innovazione del settore *automotive* ha visto una notevole crescita negli ultimi due decenni, giungendo alla realizzazione di dispositivi *on board* in grado di comunicare con l'utente, mitigandone i comportamenti a rischio anche mediante azioni dirette sul mezzo o *warning* ed informazioni. Tuttavia il momento storico ci ricorda che il mercato dei veicoli vive un momento di crisi, contribuendo così a rallentare la diffusione di tali soluzioni, e che quest'ultime sono tendenzialmente dedicate ad una fascia del mercato automobilistico medio alta, riscontrando una diffusione molto disuniforme che ne riduce l'efficacia globale. Inoltre bisogna rammentare che non solo gli automobilisti, ma anche altri utenti usano la strada: pedoni, ciclisti e motociclisti trarrebbero solo benefici indiretti subendo l'effetto dei comportamenti, sebbene assistiti, dei conducenti.

L'altra corrente di pensiero individua nella strada il fattore prioritario di innovazione sul quale agire ai fini della sicurezza strale, innalzando e migliorando le sue funzioni di *Self Explanatory* e *Forgiving Road*, soprattutto mediante l'impiego di nuove tecnologie ITS.

Sulla base di tali riflessioni e dall'esperienza personale condotta, ritengo che ad oggi lo studio e la conoscenza dell'elemento stradale, nei suoi rapporti con gli altri elementi del sistema sia una priorità al fine di mitigare le attuali emergenze connesse con il fenomeno dell'incidentalità. Un approccio strutturato e mirato ad innalzare il livello di sicurezza per la mobilità passa attraverso la conoscenza e l'analisi della strada, al fine di comprenderne le eventuali lacune strutturali e funzionali che possono innescare reazioni scorrette negli utenti alla guida, fase propedeutica alla realizzazione di azioni di mitigazione sia di tipo classico e strutturali, e sia basate sull'impiego di strumenti ITS. L'azione sull'infrastruttura infatti può generare benefici verso tutti gli utenti che percorrono l'infrastruttura e verso tipologie di utenze differenti, abbattendo il problema della diffusione dei servizi che si pone, nello scenario attuale riguardo i sistemi di comunicazione sui singoli veicoli .

Conoscere la strada e i meccanismi di influenza che essa genera sul conducente rappresenta il primo passo dell'approccio preventivo e rappresenta la base conoscitiva per la realizzazione di sistemi intelligenti più complessi. Tale procedura deve essere sostenuta da modelli conoscitivi dello spazio stradale e delle dinamiche veicolari, caratterizzati da una adeguata densità informativa e costruiti sulla base delle reali esigenze conoscitive emerse da analisi delle caratteristiche della mobilità e del territorio.

L'approccio descritto ha visto due momenti di sperimentazione: in occasione del progetto "*Sicuri sulle Strade*[88]", finalizzato alla realizzazione di un Osservatorio per la Sicurezza Stradale in Provincia di Rovigo e il progetto "*Viamont Street Model*[89]", finalizzato all'alla valutazione delle performance di sicurezza stradale in ambito montano e caratterizzato da un elevato contenuto tecnologico.

6.1.1 SICURI SULLE STRADE, PROVINCIA DI ROVIGO

Il progetto "Sicuri sulle Strade" è un'iniziativa voluta dalla Provincia di Rovigo, finalizzato alla realizzazione di un Osservatorio sulla Sicurezza stradale, orientato alla promozione e organizzazione di attività funzionali alla riduzione del fenomeno dell'incidentalità stradale e alla mitigazione dei fattori di rischio presenti sulle infrastrutture per la viabilità.

Il fattore innovativo che contraddistingue il progetto consiste nella struttura conoscitiva realizzata attraverso una efficace integrazione delle risorse disponibili con flussi di dati provenienti sia da nuove piattaforme per il rilievo territoriale e sia da meccanismi di partecipazione *wiki*, al fine di condividere con i diversi attori presenti sul territorio, una nuova dimensione dell'informazione, fondata su un quadro informativo completo e in continuo aggiornamento, focalizzato sul tema della sicurezza stradale e orientato al supporto delle politiche di *governance*. Il progetto vede nell'obiettivo europeo di riduzione degli incidenti stradali del 50% entro il 2010 riportato nel Libro Bianco sui Trasporti e poi rinnovato dal seguente testo del 2011, la sua principale fonte di ispirazione.Gli obiettivi specifici del progetto sono:

- Migliorare la conoscenza dei fattori che rendono più o meno sicura la mobilità su strada;
- Ottimizzare i processi di gestione dei dati sull'incidentalità stradale;
- Porre le basi per la gestione multiattoriale delle problematiche della mobilità e della sicurezza stradale mediante un sistema tecnologico interoperabile;
- Supportare la pianificazione degli interventi manutentivi della rete stradale;
- Trasferire elementi scientifici innovativi nelle procedure rendendole più efficienti e maggiormente aderenti alle esigenze espresse dalla comunità locale.

In tale contesto appare determinante analizzare tutte le componenti del fenomeno incidentale, individuando soluzioni specifiche di agevole applicazione; è evidente il ruolo centrale assunto dall'informazione territoriale che conduce ad una piena comprensione dei fenomeni alla base dei meccanismi incidentali: sono necessarie una fase di acquisizione dei dati sensibili che li caratterizzano a pieno, e la definizione di specifici strumenti d'indagine capaci di descrivere in maniera oggettiva le prestazioni in termini di sicurezza di una infrastruttura, da cui scaturisce un processo di individuazione di un preciso benchmarking e di indicatori ad hoc.

Il sistema di indicatori realizzato a partire dalla sintesi dei dati del quadro conoscitivo di base, integrati con rilievi e fonti innovative come sistemi di ascolto e segnalazioni provenienti dagli utenti, ha premesso di creare un sistema di classificazione della sicurezza stradale sintomo di un approccio preventivo al fenomeno incidentale.

[88] Sicuri sulle Strade, http://sicurezzastradale.provincia.rovigo.it/geoweb/
[89] Viamont Street Model, http://sicurezzastradale.provincia.rovigo.it/geoweb/

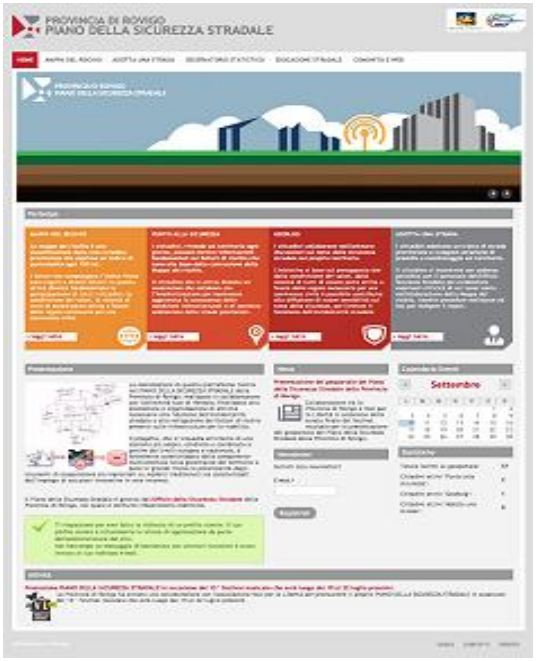


Figura 72: Sicuri sulle Strade

Il prodotto realizzato consiste in uno strumento di monitoraggio creato su base partecipata, in continuo aggiornamento, di supporto alle politiche di gestione e manutenzione della rete stradale, e quindi dedicato principalmente alla Consulta, un organo con funzioni decisionali, che attraverso un tavolo di lavoro condiviso sulla piattaforma pianifica azioni di mitigazione sulla rete, condivise con la platea di attori presenti sul territorio. Parallelamente il sistema consente una divulgazione delle azioni intraprese e processi di comunicazione e sensibilizzazione verso gli utenti.

6.1.2 VIAMONT STREET MODEL

Il progetto mira a fornire uno strumento innovativo, basato sull'integrazione di fonti informative diverse e metodologie, al fine di corrispondere alla pluralità di esigenze conoscitive espresse dagli attori, basato su strumenti *web oriented* ed applicazioni mobile, integrando nel processo una forte componente *wiki*.

In questa ottica l'ambiente stradale montano, nel caso in esame la SR 203 Agordina, assume la funzione di "*Smart Street Lab*", dove le nuove tecnologie per l'acquisizione dati, supportate da sistemi di *data integration*, e strumenti per analisi e condivisione delle informazioni (ITS e servizi di infomobility) vengono impiegati per il soddisfacimento di particolari esigenze conoscitive legate al territorio e al contesto sociale. Se da un lato questi strumenti possono essere orientati ad attori istituzionali, a supporto di processi decisionali legati al tema della viabilità stradale, dall'altro hanno la funzione di incoraggiare meccanismi partecipativi e social, in grado di coinvolgere anche i semplici utenti stradali così da far emergere nuove informazioni provenienti dal basso ed incoraggiare la diffusione di una nuova cultura sulla sicurezza stradale.

Dall'analisi di giacimenti informativi preesistenti, si è pervenuti inizialmente alla creazione di un primo set di indicatori caratterizzanti la pericolosità stradale con particolare riguardo al contesto territoriale, al fenomeno dell'incidentalità e alle caratteristiche strutturali dell'infrastruttura. La fase successiva, con connotazione più sperimentale, ha prodotto una serie di focus ed approfondimenti su aree rilevanti ai fini della tematica della sicurezza. Il carattere innovativo è dettato anche dall'utilizzo strategico di diverse piattaforme tecnologiche per

l'acquisizione di dati georiferiti, come Mobile Mapping System dotati anche di laser scanner tridimensionali, metodologie di analisi di flussi dati anche in tempo reale (dati provenienti da cluster di sensori sul territorio) e tecniche di data integration.

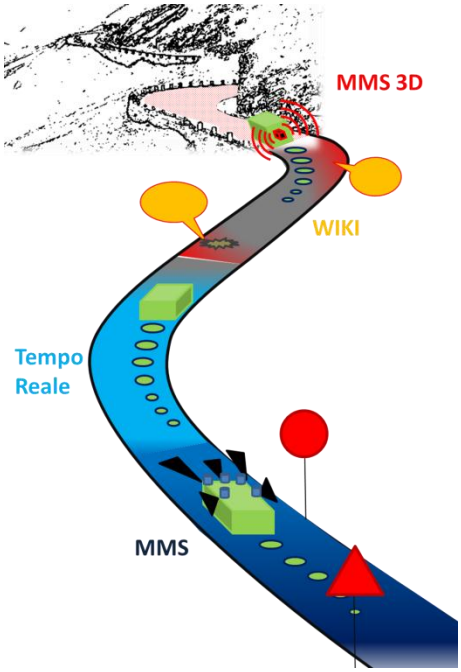


Figura 73:Progetto Viamont Street Model

Tali prodotti sono resi disponibili su un portale web sia sotto forma di indici sintetici e sia come materiale consultabile da parte dei diversi attori, i quali, attraverso diversi *tools*, come il sistema di Geotagging, possono interagire in un tavolo di lavoro virtuale e contribuire all' alimentazione del sistema con approccio bottom up.

La metodologia realizzata ha contribuito ad evidenziare particolari aspetti critici legati al tema della sicurezza stradale spesso non contemplate in analisi di pericolosità di tipo tradizionale. Inoltre la componente sociale, se da un lato enfatizza il ruolo del cittadino come sensore attivo sul territorio dall'altro apre nuovi scenari per l'inclusione nei processi decisionali. Altro fattore strategico è rappresentato da i servizi di infomobility in grado di apportare benefici nell'abbattimento della pericolosità grazie alla condivisione di informazioni.

6.2 Innovazione nel processo conoscitivo di dinamiche complesse

La conoscenza è frutto di un processo evolutivo che, a partire dal semplice dato acquisito da un agente sensore, giunge ad assumere l'importante valenza di informazione attraverso analisi ed integrazione all'interno di un quadro conoscitivo strutturato: tale meccanismo è la fucina del cambiamento che sta alla base del processo di conversione delle realtà urbane, così come noi le percepiamo, in un nuovo modello di città intelligente. Essa è un "metaspazio" dato dalla sovrapposizione di una realtà fisica, fatta di edifici, strade, e persone, elementi che nella loro organizzazione primaria assolvono ai bisogni della collettività, ed una dimensione tecnologica, in grado di connettere gli elementi fisici in una rete cooperativa; i flussi informativi che da essa scaturiscono consentono una migliore organizzazione ed utilizzo della città, con benefici notevoli sullo stile di vita, impatti generati e qualità dei servizi offerti. La fase conoscitiva è il primo momento di innovazione: la visione olistica del sistema premia l'integrazione come metodologia fondamentale per giungere alla comprensione dei fenomeni in atto.

Il tema della mobilità sicura non si sottrae a questo nuovo paradigma, ma si presenta come fulgido esempio di come un approccio settoriale non sia una soluzione efficace per combattere i problemi ad essa connessi: in primis l'incidentalità, che rappresenta uno dei temi prioritari a partire dalla programmazione di matrice europea, e poi fenomeni di congestione e disfunzione nei servizi, i cui effetti sono avvertiti da tutti gli utenti della strada.

Se l'obiettivo di breve termine del processo di innovazione della mobilità sicura è l'abbattimento del livello incidentale sulla rete stradale e minimizzare le esternalità, in un'ottica preventiva di *Safe Smart Mobility*, si rende necessaria l'analisi sistemica dell'organismo strada. L'insieme di fattori che si influenzano mutuamente durante l'atto della mobilità, ovvero la triade *uomo-strada-veicolo* rappresenta l'unità minima di conoscenza al fine di comprendere le interazioni tra i singoli elementi alla base del meccanismo di co-responsabilità che genera un evento incidentale. L'approccio preventivo che si va così delineando è propedeutico, in una visione futuribile, alla realizzazione degli *Smar Vehicles* e *Smart Roads*: ovvero veicoli e infrastrutture intelligenti che cooperano in un sistema unico caratterizzato da un minimo tenore di insicurezza, ove le possibili cause di incidente sono abbattute grazie alle nuove tecnologie ICT, in grado di agire sulla triade del sistema strada sia con azioni dirette e sia mediante informazioni alle utenze.

Dai due obiettivi di emerge la comune necessità di conoscere le criticità sulla strada e il modo in cui i veicoli e gli utenti rispondono alle caratteristiche del tracciato e agli stimoli esterni, anche in una dimensione di tempo reale: essa è un presupposto necessario per la realizzazione di un sistema stradale caratterizzato da un minimo tenore di insicurezza, mediante l'approccio congiunto di nuove tecnologie e nuovi paradigmi di informazione territoriale multidimensionale.

I tema della mobilità, che per sua natura è connesso anche con la maggior parte delle attività economiche e sociali di una realtà territoriale antropizzata, costituisce un esempio in cui un approccio sistematico e integrato può rivelarsi risolutivo ai fini dell'analisi delle reali condizioni di sicurezza. In un'ottica obsoleta infatti la sicurezza stradale è stata trattata principalmente sulla base di metodi statistici e previsionali legati all'analisi dell'incidentalità, volte a analizzare l'esito dell'insicurezza stradale o considerando, come visto al Capitolo 2, solo degli aspetti peculiari della mobilità stradale. A tale visione si sostituisce un nuovo approccio, che vede nell'analisi delle relazioni di causalità tra i diversi fattori e le loro interazioni un momento fondamentale di approfondimento e conoscenza, combinando all'interno di una nuova visione le due metodologie classiche di analisi. La necessità di adozione di una prospettiva

multidimensionale e multi tematica risiede proprio nella complessità del fenomeno: elementi direttamente connessi con il fenomeno della mobilità e cause esterne interagiscono dando luogo ad una situazione che orbita intorno ad uno stato di equilibrio. In questa visione le analisi di sicurezza sono orientate a valutare l'apporto di ogni elemento alla stabilità, mentre le analisi di incidentalità evidenziano le dinamiche che possono generare la perdita dell'equilibrio del sistema.

6.2.1 VERSO MODELLI COMPLESSI

La necessità di analizzare i fenomeni reali, di tracciarne i caratteri peculiari così da comprenderne i fondamenti e le evoluzioni, ha condotto alla definizione di modelli sempre più articolati e complessi atti a simulare le diverse dinamiche. Tale esigenza è legata da un lato al bisogno emergente di gestire in maniera intelligente le risorse territoriali ed ambientali, e dall'altro alla volontà di rendere gli spazi urbani in grado di adattarsi alle richieste dei cittadini all'insegna di una nuova concezione di sistema urbano.

Disporre di modelli della realtà dettagliati, comprensivi anche della componente posizionale dell'informazione, diviene la chiave di volta per rendere effettivo il nuovo approccio alla sicurezza stradale: la precisa localizzazione incidentale mediante coordinate spaziali e la disponibilità di modelli dell'infrastruttura in grado di descriverne le caratteristiche fisiche precipue, consente di ricostruire le interazioni dei diversi elementi del Sistema strada. Se tale meccanismo viene esteso ad una scala più vasta è possibile identificare le aree in cui insistono condizioni di maggiore pericolosità, elemento conoscitivo propedeutico alla realizzazione del modello futuribile *Smart Vehicle on Smart Road*.

La creazione di modelli capaci di rappresentare le dinamiche territoriali in atto, analizzarne le cause e definirne i trend, grazie alla disponibilità della base informativa, anche integrata da flussi dati in tempo reale, è la sfida principale dell'attuale paradigma informativo territoriale.

Tale visione ha avuto inizio alla fine degli anni Novanta con il nuovo paradigma dell'informazione territoriale postulato da Al Gore, attraverso il concetto di *Digital Earth*, definito come:

> *"A multi-resolution, three-dimensional representation of the planet, into which we can embed vast quantities of geo-referenced data."* (Gore A., 1998).

Viene quindi espressa la necessità di nuovi modelli della realtà basati su dati georiferiti interconnessi con i giacimenti informativi presenti sul pianeta: un modello virtuale della realtà terrestre, multitematico e multidimensionale, che vede le sue componenti innovative nell'impiego di dati acquisiti mediante le nuove tecnologie disponibili, e sia mediante il concetto di integrazione, di supporto all'analisi di problematiche di interesse mondiale come tematiche ambientali, energetiche, prevenzione catastrofi naturali, fenomeni sociali.

Quello che più ha segnato la diffusione dell'informazione georiferita, rendendola il fulcro di un nuovo paradigma di conoscenza, è stata la rivoluzione iniziata con *Google Eart*[90] che l'ha resa accessibile al popolo del web, e la successiva diffusione massiva di dispositivi personali con sistema di posizionamento, rendendo ogni singolo utente una sorgente di dati. La successiva rivoluzione culturale dei *social network* ha fornito le giuste piattaforme di condivisione per rendere dinamico ed efficace il patrimonio informativo generato: la tecnologia ad oggi

[90] Google Earth –Fonte sito web :Google Earth, http://www.google.it/intl/it/earth

disponibile garantisce gli strumenti per analizzare e comprendere la realtà ed osservarne le dinamiche, anche in tempo reale, sfruttando da un lato le potenzialità di piattaforme per l'acquisizione di dati georiferiti sempre più performanti, e dall'altro l'apporto *bottom up* da parte degli utenti in un'ottica di tipo *Wiki*.

La visione precedente in cui l'informazione geografica è relegata al settore cartografico, trova nelle nuove tecnologie il maggiore fattore di cambiamento, poiché hanno reso fruibile un nuovo patrimonio conoscitivo con accezione spaziale: l'unione della coordinata spaziale ad una informativa *url*[91], ha segnato la svolta verso sistemi integrati di informazione sul Web, fruibili da molti utenti anche attraverso meccanismi di reti sociali, dando così vita a numerose applicazioni sui temi dell'informazione di matrice anche geografica.

Sotto la spinta del nuovo paradigma dell' informazione territoriale, dalla necessità di creare modelli in grado di rappresentare realtà complesse, e dalla disponibilità delle tecnologie ICT – *Information Communication Technology*, supportate da innovative piattaforme multisensore per l'acquisizione di dati, si è approdati a due nuovi paradigmi di modellazione del territorio: *City Model* e *City Sensing*. Essi infatti sono in grado di descrivere compiutamente il modello fisico della città e delle sue dinamiche, attraverso l'integrazione di fonti dati caratterizzati da diverse risoluzioni spaziali e temporali, rivestendo così il ruolo di strumento conoscitivo ad elevato potenziale innovativo, fondamentale per la rappresentazione e conoscenza della realtà, a supporto all'attuazione del modello di Smart City.

Tali modelli possono essere calibrati ed orientati in ragione del particolare fenomeno che guida lo studio, agendo su tre leve principali: *dimensionale*, *tipologica* e *temporale*. L'aspetto dimensionale consente di definire la scala di riferimento d'indagine e la risoluzione, scelte che si riflettono sulla tipologia di dato e di tecnologia da impiegare e l'accuratezza da garantire; l'aspetto tipologico ha a che vedere con la finalità dell'analisi, cercando di corrispondere la domanda informativa con l'insieme di dati e tecnologie più adatte, mentre il fattore temporale determina il tempo di aggiornamento richiesto in relazione alla rapidità di evoluzione di un fenomeno (anche tempo reale).

Come definito da altri autori (Condotta M. e Borga G. , 2013), il paradigma del "City Model", viene inteso come:

> "ricostruzione di ambienti reali attraverso modelli di conoscenza, caratterizzati da alta densità di informazioni e capacità di aggiornamento anche in tempo reale tale da seguire i fenomeni che prendono atto sul territorio*".*

Il *City Model* rappresenta dunque l'insieme delle informazioni atte a caratterizzare un territorio nelle sue diverse componenti fisiche, a scala più o meno vasta in ragione delle dimensioni del fenomeno in esame. Esso fornisce la base conoscitiva caratterizzante aspetti che hanno una risoluzione temporale più ampia, e presentano una trasversalità delle informazioni acquisite, creando un vero e proprio modello complesso e altamente descrittivo del territorio. Il *City Sensing,* rappresenta la capacità di un ambiente sensorizzato di avvertire, misurare ed analizzare il cambiamento frutto delle dinamiche in atto. Una rete di sensori diffusa sul territorio, fatta di nodi tecnologici e cittadini con i propri *device*, è in grado, grazie alle nuove tecnologie, di raccontare la storia evolutiva e le trasformazioni dei luoghi.

[91] Url- Uniform Resource Locator è " la sequenza di caratteri che identifica univocamente l'indirizzo di una risorsa in Internet" , (Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera , 2013 e).

Il fine di questi innovativi strumenti è quello di creare, mediante la raccolta e strutturazione di nuovi dati e fonti informative esistenti, un modello rappresentativo dello stato di fatto del territorio, in grado di far emergere aspetti particolari e relazioni di causalità non evidenziate da metodologie classiche.

Il paradigma di *City Model* si avvale inoltre di una nuova dimensione: la percezione. Tale elemento consente di analizzare i fenomeni in atto secondo prospettive differenti consentendo di mappare dettagliatamente le esigenze più stringenti di un determinato territorio, attraverso l'ascolto e la partecipazione dei diversi attori nelle dinamiche di *governance*. Anche in questo caso le ICT giocano un ruolo importante fornendo strumenti che facilitano il dialogo tra cittadini ed amministrazione, o semplici *device* o piattaforme sul web che conferiscono voce agli utenti e li rendono protagonisti della realtà che vivono.

L'innovazione alla base del concetto di Smart City, fatta di integrazione e nuove tecnologie trova la sua componente strumentale nel paradigma del City Model, il nuovo concetto di conoscenza a supporto di analisi di fenomeni complessi che grazie alla sua multidisciplinarità e multidimensionalità rende possibile la descrizione e la successiva analisi della realtà con approccio integrato.

6.2.2 NUOVI MODELLI CONOSCITIVI: ROAD MODEL E ROAD SENSING

Analizzando il tema della sicurezza stradale, il paradigma del City Model e Sensing si traduce nella creazione di un modello di strada, ovvero il *Road Model*, comprensivo sia della sede stradale e sia dell'ambiente circostante, realizzato mediante integrazione di fonti dati disponibili e nuove acquisizioni, su cui adagiare strati informativi dinamici atti a cogliere l'evoluzione degli eventi ottenuti mediante un sistema di monitoraggio, cioè il *Road Sensing*.

Il modello dell'ambiente stradale è finalizzato ad integrare tutte le caratteristiche dell'infrastruttura e dell'ambiente circostante che, a vario titolo, possono influenzare le condizioni di sicurezza della strada. Elementi geometrici e compositivi della piattaforma stradale, condizione della pavimentazione, presenza di arredi funzionali e dispositivi di protezione sono solo alcune delle informazioni che devono essere contenute nel modello fisico della strada al fine di coglierne i potenziali punti critici. Allo stesso modo la modellazione delle dinamiche di esercizio della strada comprende tutti i parametri legati alla descrizione delle correnti veicolati, in termini di densità veicolari, velocità di deflusso, composizione delle correnti di traffico.

L'obiettivo è la creazione di un quadro conoscitivo completo, di supporto all'analisi di un problema complesso come quello dell'incidentalità al fine di mettere in atto l'approccio preventivo proprio della nuova filosofia di mobilità sicura intelligente. Si perviene quindi alla costruzione di un modello globale della mobilità, che fonde aspetti strutturali e fisici e quelli funzionali nel *Mobility Model*, come esemplificato in Figura 74.Figura 74:Mobility Model insieme di Road Model e Road Sensing

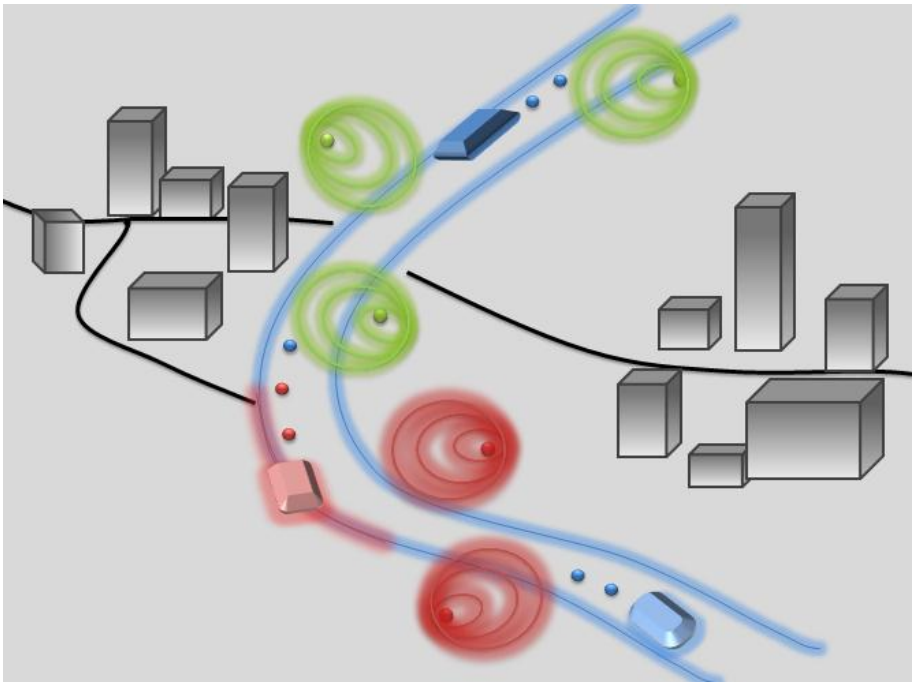


Figura 74:Mobility Model insieme di Road Model e Road Sensing

Il *Mobilty Model* è la rappresentazione delle condizioni strutturali e funzionali che supportano la mobilità sicura intesa come fenomeno complesso: esso mira ad evidenziare le caratteristiche e le interazioni tra le diverse componenti del sistema strada descritte attraverso un dettagliato quadro conoscitivo imperniato anche sull'impiego delle nuove tecnologie. La componente d'innovazione in merito alla fase di acquisizione dati attinge, per quanto riguarda il *Road Model* a sistemi di Mobile Mapping stradale, dotati anche di sensori laser, mentre per cogliere l'evoluzione delle condizioni di esercizio vengono impiegate alle reti di sensori diffuse sull'infrastruttura.

6.2.3 DIMENSIONE TEMATICA E TERRITORIALE DEL MOBILITY MODEL

Comprendere il ruolo della rete di viabilità all'interno della struttura territoriale, i rapporti con l'ambiente, con le attività antropiche e il modo in cui essa viene percepita dalla popolazione, è la fase preliminare alla creazione di modelli conoscitivi innovativi della realtà. L'analisi quindi non si limita alla dimensione "strada", ma al fine di comprendere il problema dell'insicurezza e abbatterne le conseguenze, è necessario adottare un punto di vista più amplio, un approccio multidisciplinare attraverso il quale giungere alla stima dei parametri che, a vario titolo, influenzano le condizioni di viabilità sicura. L'analisi di tali relazioni è resa possibile mediante l'organizzazione strutturata e l'analisi di una serie di strati informativi atti a descrivere compiutamente la realtà fisica di un contesto territoriale, come schematizzato in Figura 75. Le nuove tecnologie partecipano in questo primo passo del processo conoscitivo sia in fase di acquisizione, mettendo a diposizione innovative piattaforme per il rilievo di dati georiferiti, e sia in fase di analisi mediante strumenti GIS e Sistemi di gestione e strutturazione di banche dati territoriali.

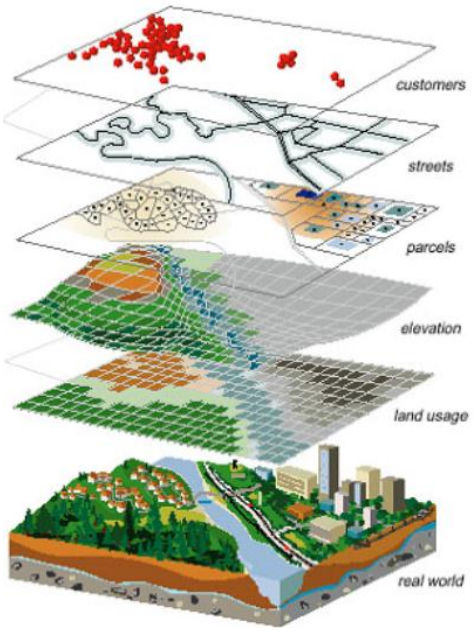


Figura 75:Analisi multitematica con diversi layers

La definizione della scala territoriale di riferimento è un passo fondamentale per la comprensione di una problematica complessa come quella della sicurezza stradale: essa va commisurata al livello di dettaglio previsto per l'analisi e in ragione dei diversi aspetti che si desidera trattare come riportato in Figura 76.

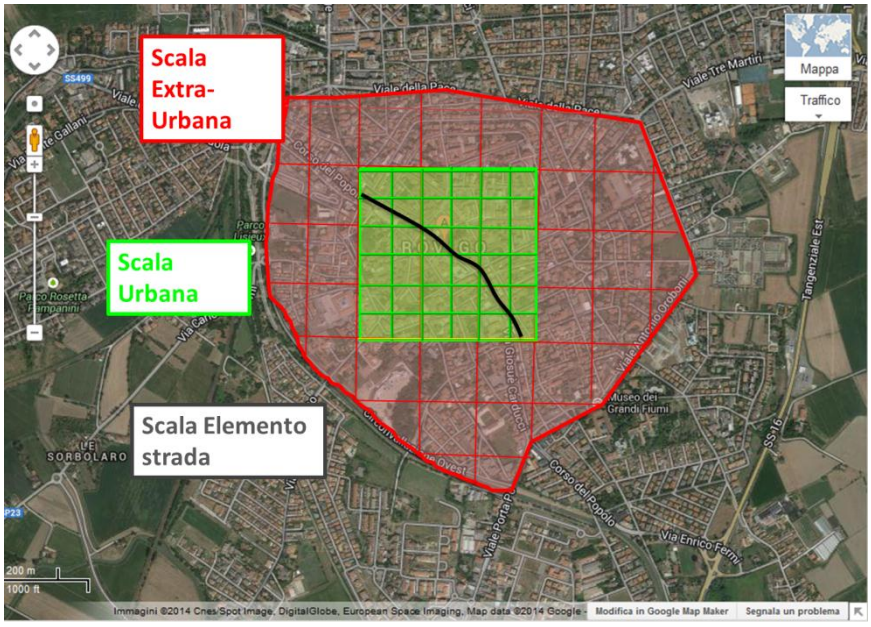


Figura 76:Analisi multiscala

La scelta della scala territoriale assume una funzione di filtro delle emergenze: esiste infatti una rapporto di reciprocità tra la scala d'indagine territoriale e il livello di dettaglio che caratterizza l'analisi, condizione legata anche al livello di aggregazione del dato. Inoltre un'analisi a scala Paese può far affiorare legami che vanno oltre il rapporto tra caratteristiche dell'infrastruttura

ed incidentalità: come riportato anche nel recente *Handbook of Road Safety Measures*[92] (Elvik & Vaa, 2004), possono evidenziarsi legami tra l'incidentalità e fattori più generali rappresentativi della realtà territoriale nazionale, proprio in virtù della trasversalità con cui la mobilità agisce sul vivere quotidiano: aspetti socioeconomici (PIL-Prodotto Interno Lordo, Tasso occupazionale, popolazione urbana residente), territoriali ed ambientali (condizioni geografiche e fisiche, meteo), legislativi ed urbanistici fino a risvolti tecnici culturali e sociali risentono delle performance di sicurezza e viabilità della rete stradale di cui sono dotati.

Per gestire il problema dell'insicurezza stradale in un'ottica preventiva è necessario integrare i due punti di vista: l'approccio multidisciplinare è il fondamento conoscitivo ed interpretativo per l'analisi di fenomeni complessi poiché è tesa ad analizzare le caratteristiche di ogni elemento del sistema ed i reciproci rapporti ci causalità, mentre la dimensione territoriale definisce la scala di indagine del fenomeno e l'accuratezza necessaria.

6.2.4 DIMENSIONE MULTIATTORIALE DEL MOBILITY MODEL

Il tema della mobilità sicura coinvolge un ventaglio di attori molto vasto, proprio per la trasversalità con cui l'azione della "movimentazione di persone e merci" permea la quotidianità nei suoi aspetti sociali ed economici.

L'obiettivo di riferimento considerato nell'analisi condotta nel presente lavoro coincide con la *Road Safety*, che rappresenta uno degli elementi principali per una mobilità sicura ed intelligente: essa di identifica con la riduzione dei livelli di rischio che caratterizzano una strada in esercizio, sia mediante i suoi fattori strutturali e sia funzionali, condizione che si identifica con un abbattimento del numero di incidenti e della loro severità. Al fine di realizzare una completa mappatura delle emergenze espresse dai diversi soggetti che, nell'ambito territoriale di riferimento, sono interessati a tale tematica, si è provveduto all'individuazione degli stakeholders e ad una prima loro suddivisione in relazione al ruolo che essi rivestono, riportata in Figura 77:

- **Portatori di diritti**: sono riconducibili a quei soggetti che non esercitano alcuna influenza a livello decisionale o pianificatorio, ma si avvalgono del loro diritto allo spostamento in sicurezza, come fruitori dei servizi; a titolo generale essi possono essere comunità e associazioni, automobilisti, pedoni e ciclisti.
- **Portatori di responsabilità:** sono riconducibili questa categoria tutti i soggetti che ricoprono un ruolo attivo nei processi decisionali e gestionali della sicurezza stradale, dotati di poteri decisionali e responsabilità. Essi possono essere riconosciuti in Enti territoriali, Concessionari e gestori delle infrastrutture, Polizia locale e Forze dell'ordine, Operatori industriali del settore, Enti di monitoraggio e Società di servizi, Professionisti ed Aziende.

[92] *Handbook of Road Safety Measures,* (Elvik & Vaa, 2004) *fornisce una panoramica sugli effetti in termini di incremento di sicurezza e riduzione del fenomeno incidentale, offerta dai diversi interventi sull'infrastruttura in relazione alle problematiche riscontrate.*

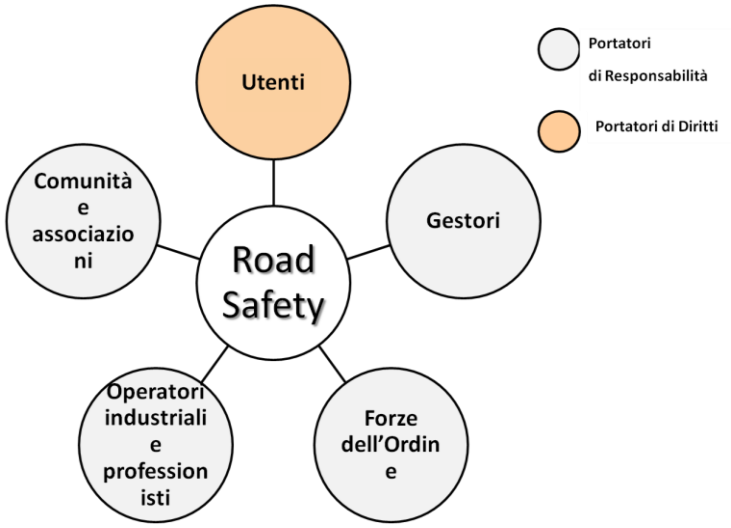


Figura 77: Portatori di Responsabilità e Diritti in relazione al tema della sicurezza stradale

L'analisi e la profilatura dei diversi stakeholder è finalizzata all'individuazione delle loro funzioni sul territorio e la relativa esigenza conoscitiva in relazione alla tematica della mobilità sicura.

6.2.4.1 Utenti

Gli utenti della strada son classificati come portatori di diritti poiché, come fruitori della rete stradale, esercitano il loro diritto ad una mobilità sicura; essi comprendono le seguenti categorie:

- Utenti abituali: automobilisti che percorrono con frequenza l'infrastruttura, ne conoscono le caratteristiche e le dinamiche;
- Utenti professionali e commerciali: professionisti del settore che hanno una maggiore esperienza alla guida;
- Utenti occasionali: automobilisti che saltuariamente percorrono l'infrastruttura;
- Ciclisti e pedoni: utenze deboli che percorrono l'infrastruttura stradale anche in condizione di commistione delle correnti veicolari.

L'esigenza conoscitiva di tali attori si concretizza nella necessità di conoscere i punti critici per la mobilità sia legati alla componente ambientale e sia a quella stradale e le condizioni del traffico; la conoscenza dei percorsi sicuri è di fondamentale importanza per una mobilità sicura, situazione sintetizzata in Tabella 17.

	Stakeholder	Descrizione	Funzione	Esigenza
Portatori di diritti	**UTENTI**	*Soggetti che utilizzano la strada per scopo di mobilità*	*Quale funzione svolgono gli utenti in relazione alla sicurezza stradale?*	*Qual è l'esigenza conoscitiva degli utenti per muoversi in sicurezza?*
	Sottogruppi			
	U1 -Utenti abituali	Soggetti che utilizzano la strada con frequenza costante poiché il viaggio è legato a motivi di lavoro, studio o svago, o comunque ragioni che presuppongono una certa regolarità.	Mobilità Segnalazione	Criticità sulla strada Criticità Ambientali Percorsi Sicuri Condizioni di traffico
	U2-Utenti professionali commerciali	Soggetti che utilizzano l'infrastruttura tradale non per scopi privati, ma al fine di esplicare il servizio di trasporto di persone e cose. Solitamente sono lavoratoi professionisti del settore	Mobilità Segnalazione	Criticità sulla strada Criticità Ambientali Percorsi Sicuri Condizioni di traffico
	U3-Utenti occasional	Soggetti che utilizzano l'infrastruttura stradale raramente con scopi vari.	Mobilità Segnalazione	Criticità sulla strada Criticità Ambientali Percorsi Sicuri Condizioni di traffico
	U4-Ciclisti	Soggetti che scelgono la mobilità ciclabile come modalità di trasporto	Mobilità Segnalazione	Criticità sulla strada Criticità Ambientali Percorsi Sicuri
	U5- Pedoni	Soggetti che rappresenato la componente pedonale della corrente di traffico	Mobilità Segnalazione	Criticità sulla strada Criticità Ambientali Percorsi Sicuri

Tabella 17: Analisi dell'attore Utente

6.2.4.2 Comunità e associazioni

Soggetti parte di specifiche comunità o associazioni decidono di partecipare attivamente al processo di gestione della sicurezza stradale assumendo la responsabilità di segnalare e monitorare porzioni di infrastruttura poiché costantemente presenti in adiacenza dell'area o ne hanno una conoscenza specifica. Essi vengono inclusi nel processo di governance a seguito di un processo di formazione e abilitati alla funzione di monitoraggio così da avere gli strumenti necessari a svolgere il loro compito. Ulteriore funzione è quella di partecipare alla divulgazione della cultura della sicurezza stradale. Le funzioni di tale soggetto è riportato in Tabella 18:

	Stakeholder	Descrizione	Funzione	Esigenza
Portatori di responsabilità	***COMUNITA' e ASSOCIAZIONI***	*Insieme dei soggetti e delle organizzazioni che costituiscono la comunità*	*Quale funzione svolgono le comunità e le associaziooni in relazione alla sicurezza stradale?*	*Qual è l'esigenza conoscitiva delle sentinelle per svolgere il loro compito?*
	Sottogruppi			
	C1-Comunità locale	Insieme dei soggetti che costituiscono la comunità locale	Segnalazione Divulgazione e Sensibilizzazione	Localizzazione incidenti Criticità sulla strada Comportamenti anomali Percorsi sicuri
	C2-Associazioni	Soggetti raggruppati in associazioni che nutrono inteersse alla tematica	Segnalazione Divulgazione e Sensibilizzazione	Localizzazione incidenti Criticità sulla strada Comportamenti anomali Percorsi sicuri

Tabella 18:Analisi dell'attore Comunità

6.2.4.3 Gestori e proprietari

Tra i portatori di responsabilità rivestono un ruolo fondamentale i soggetti preposti alla gestione proprietari della rete strade: Enti Locali (Regione, Provincia, Comune), Società private o partecipate (Anas, Veneto Strade, Autostrade). Su di essi gravano gli oneri della gestione della sicurezza stradale, agendo sia mediante analisi per l'individuazione delle criticità e sia con azioni di mitigazione sulle cause, compito reso ancora più arduo dalla scarsità della risorse ad oggi disponibili per li settore delle infrastrutture stradali. In questo panorama si rende evidente

l'importanza per tali soggetti, i conoscere nel dettaglio le caratteristiche della rete di cui dispongono al fine di poter prevedere programmi di gestione per minimizzare le condizione di emergenza nel tempo. Nello specifico essi sono chiamati a ai fini della sicurezza stradale devono assolvere alle fondamentali funzioni di :

- Analisi per la sicurezza e progettazione degli interventi;
- Manutenzione e gestione della rete;
- Gestione del territorio in relazione alla sicurezza stradale;
- Monitoraggio;
- Divulgazione di informazioni e promotore della cultura della sicurezza;
- Realizzazione interventi.

In un'ottica preventiva, tipica del nuovo approccio alla sicurezza, tali azioni presuppongono una solida base conoscitiva, che non può prescindere dalle seguenti tipologie di informazioni:

- Localizzazione incidenti;
- Criticità sulla strada;
- Criticità ambientali;
- Comportamenti anomali;
- Percorsi sicuri;
- Condizioni di traffico.

Il quadro conoscitivo rappresenta uno strumento fondamentale per questi attori che sono chiamati più di ogni altro ad effettuare valutazioni sullo stato della mobilità e prendere atto delle incombenze più stringenti, mettendo in atto i più corretti processi di pianificazione in materia di sicurezza stradale sul territorio di loro competenza in ragione del principio di sussidiarietà; la seguente Tabella 19 riporta un quadro sintetico relativo a tale categoria di attori:

	Stakeholder	Descrizione	Funzione	Esigenza
Portatori di reposnsabilità	***GESTORI E PROPRIETARI***	*Enti proprietari o enti e società concessionarie cui è affidata la gestione delle infrastrutture*	*Quale funzione svolgono i gestori e i proprietari della rete in relazione alla sicurezza stradale?*	*Qual è l'esigenza conoscitiva dei gestori e i proprietari della rete per svolgere il loro compito?*
	Sottogruppi			
	G1-Proprietari	Enti territoriali quali Regione, Provincia e Comune o altri soggetti che possiedono la rete stradale limitatamente al territorio di competenza	Progettazione delle analisi per la sicurezza e degli interventi Manutenzione e gestione della rete Monitoraggio Gestione territorio Divulgazione e sensibilizzazione Realizzazione interventi	Localizzazione incidenti Criticità sulla strada Criticità ambientali Comportamenti anomali Percorsi sicuri Condizioni di traffico
	G2-Gestori	Enti o società che hanno in gestione	Progettazione delle analisi per la sicurezza e degli interventi Manutenzione e gestione della rete Monitoraggio Divulgazione e sensibilizzazione Realizzazione interventi	Localizzazione incidenti Criticità sulla strada Criticità ambientali Comportamenti anomali Percorsi sicuri Condizioni di traffico
	G3-Concessionari	Società che hanno in concessione le	Progettazione delle analisi per la sicurezza e degli interventi Manutenzione e gestione della rete Monitoraggio Divulgazione e sensibilizzazione Realizzazione interventi	Localizzazione incidenti Criticità sulla strada Criticità ambientali Comportamenti anomali Percorsi sicuri Condizioni di traffico

Tabella 19: Analisi dell'attore gestori e proprietari della rete

6.2.4.4 Operatori industriali e professionisti

Tra i portatori di responsabilità gli operatori industriali ed i professionisti sono gli attori che si occupano principalmente della fase di progettazione e realizzazione delle azioni di mitigazione, su indicazione degli enti gestori e proprietari. Essi sono individuabili in società di costruzione e manutenzione della rete stradale, professionisti e società che si occupano di progettazione stradale. Alla base delle loro azioni è necessaria la conoscenza delle criticità che interessano la sede stradale e l'ambiente limitrofo, su cui è necessario intervenire con opere di mitigazione specifiche: è fondamentale dunque conoscere le criticità dell'area, gli interventi precedenti e la presenza di percorsi alternativi sicuri. La Tabella 20 riporta una sintesi dell'analisi condotta.

	Stakeholder	Descrizione	Funzione	Esigenza
Portatori di responsabilità	***OPERATORI INDUSTRIALI E PROFESSIONISTI***	*Società di costruzione edi professionisti nel settore della progettazione e gestione della sicurezza stradale*	*Quale funzione svolgono gli operatori industriali e i professionisti in relazione alla sicurezza stradale?*	*Qual è l'esigenza conoscitiva degli operatori industriali e dei professionisti per svolgere il loro compito?*
	Sottogruppi			
	O1-Costruttori	Imprese di costruzione che realizzano lavori di manutenzione delle strade	Realizzazione degli interventi	Criticità ambientali Criticità dell strada
	O2-Progettisti e professionisti	Soggetti impiegati nel settore della progettazione di strade e sicurezza stradale	Progettazione delle analisi per la sicurezza e degli interventi	Percorsi sicuri Criticità dell strada Criticità ambientali

Tabella 20: Analisi dell'attore Operatori industriali e professionisti

6.2.4.5 Forze dell'Ordine

Le Forze dell'Ordine sono parte del gruppo dei portatori di responsabilità: la loro funzione primaria ai fini della garanzia della sicurezza stradale è quella di controllo e repressione di comportamenti scorretti e imprudenti. Alla base della loro azione c'è la conoscenza e la disponibilità di informazioni circa la localizzazione degli incidenti, la criticità della strada e il verificarsi di comportamenti anomali, come sintetizzato in Tabella 21.

	Stakeholder	Descrizione	Funzione	Esigenza
Portatori di responsabilità	***F-Forze dell'Ordine***	*Corpi delle forze pubbliche che hanno la funzione di controllo della sicurezza stradale*	Controllo	Criticità della strada Comporamenti anomali Condizioni di traffico

Tabella 21: Analisi dell'attore Forze dell'Ordine

L'analisi multiattoriale ha evidenziato come il tema della mobilità sicura coinvolga molti soggetti in ragione della funzione che essi svolgono sul territorio: portatori di diritti e di responsabilità esprimono la loro necessità di muoversi in modo sicuro e confortevole in vista delle loro attività quotidiane, determinando con i loro comportamenti la condizione di equilibrio del sistema strada ai fini della Safe Mobility. I loro contributi differiscono sia per livello di coinvolgimento e sia per cogenza: alcune funzioni presentano carattere impositivo ed attuativo, poiché legate soprattutto alle funzioni dei portatori di responsabilità, mentre altre sono figlie di un approccio collaborativo e prerogativa dei portatori di diritto.

Il primo passo dell'analisi ha infatti condotto all'individuazione, per ogni attore, delle *Funzioni* che esso svolge sul territorio in modo da contribuire alla realizzazione di una mobilità sicura; la Tabella 22 riportale sintesi delle funzioni individuate per l'analisi.

Funzione	Codice funzione	Descrizione	Attori
Manutenzione e gestione reti	**A1**	Manutenzione ordinaria e straordinarai della rete stradale	G1-G2-G3
Gestione territorio	**A2**	Gestione del territorio e degli interventi da attuare al fine di minimizzare le influenze dell'ambiente sul contesto stradale	G1-G2
Progettazione delle analisi di sicurezza e degli interventi	**A3**	Analisi si sicurezza e di soluzioni per la mitigazione del fenomeno dell'insicurezza	G1-G2-G3 O2
Controllo	**A4**	Controllo delle condizioni di marcia dei veicoli e rispetto delle norme di circolazione	F1
Realizzazione interventi	**A5**	Azioni di realizzazione materiale degli interventi	G1-G2-G3 O1
Segnalazione	**A6**	Rappresenta la possibilità da parte dei diversi attori di segnalare le criticità riscontrate mediante modalità concordate	U1-U2-U3-U4-U5 C1-C2
Mobilità	**A8**	Funzione di spostamento ed accessibilità territoriale in condizioni di comfort e sicurezza	U1-U2-U3-U4-U5 C1
Divulgazione e Sensibilizzazione	**A9**	Creazione di una nuova cultura della sicurezza e comunicazione delleinformazioni circa la mobilità	C1-C2 G1-G2-G3
Monitoraggio	**A10**	Controllo dell'efficacia delle azioni poste in atto	G1-G2-G3

Tabella 22:Analisi delle funzioni legate alla Mobilità Sicura

L'analisi delle funzioni ha messo in evidenza che, ai fini della mobilità sicura, la possibilità di "Segnalare" criticità può coinvolgere in maniera sinergica diversi soggetti, così da validare l'innovativo modello che fa dell'informazione un veicolo di prevenzione incidentale. Gli attori, mediante procedure standardizzate e canali appositamente predisposti, possono segnalare gli aspetti che, secondo la propria percezione, contribuiscono ad innalzare il livello di rischio sull'infrastruttura, creando una rete di connessioni in grado di mettere in condizioni di allerta gli utenti alla guida prossimi ai punti critici per la viabilità. Analogamente dall'analisi sono emerse le esigenze conoscitive di cui ogni stakeholder necessita per svolgere il suo ruolo in relazione alla tematica della mobilità sicura, come riportato in Tabella 23.

Esigenza Conoscitiva	Codice esigenze	Descrizione	Attori
Localizzazione incidenti	**E1**	Georiferimento degli incidenti e tipologia	C1-C2 G1-G2-G3
Criticità sulla strada	**E2**	Criticità strutturali e funzionali presenti sugli elementi componenti lo spazio stradale e la geometria	U1-U2-U3-U4-U5 G1-G2-G3 O1-O2 F1
Criticità ambientali	**E3**	Criticità di origine ambientale che interferiscono con le normali condizioni di viabilità	U1-U2-U3-U4-U5 C1-C2 G1-G2-G3
Percorsi sicuri	**E4**	Presenza di itinerari caratterizzati da basso livello incidentale e scarsi elementi percepiti come pericolosi	U1-U2-U3-U4-U5 C1-C2 G1-G2-G3 O1-O2
Condizioni di traffico	**E5**	Livelli di congestione delle correnti di traffico	U1-U2-U3 G1-G2-G3 F1
Comportamenti anomali	**E6**	Sussistenza di comportamenti anomali o scorretti in corrispondenza di determinati siti	S1-S2 C1-C2 G1-G2-G3 F1

Tabella 23: Analisi delle Esigenze conoscitive degli attori in relazione alla mobilità sicura

Da tale analisi è emerso che le informazioni circa le "Criticità sulla strada " sono prioritarie per lo svolgimento delle diverse funzioni della totalità degli attori considerati: in particolare conoscere la presenza di punti ad elevato potenziale di incidentale consente di gestire la mobilità in maniera adeguata e prevedere le opportune azioni di mitigazione, ai soggetti in moto sull'infrastruttura di assumere con anticipo comportamenti adeguati. Anche la conoscenza delle "Criticità ambientali" si rivela fondamentale, a causa degli effetti che esse possono generare sulle normali conduzioni di deflusso e sulle infrastrutture stesse. La presenza di "Percorsi sicuri" è naturalmente una informazione fondamentale che può orientare la scelta dei diversi utenti e facilitare i processi di gestione della mobilità stessa, influenzando anche la domanda di traffico con effetti sulle scelte di pianificazione.

Il quadro di connessioni frutto dall'analisi multiattoriale, riportato in Figura 77, definisce i rapporti tra attori/funzioni/esigenze conoscitive necessarie allo studio della mobilità sicura e alla strutturazione del modello conoscitivo. In particolare si evince un buon grado di sovrapposizione tra le funzioni appartenenti ai diversi stakeholder, condizione che favorisce un approccio integrato alla tematica. Tale condizione si riscontra soprattutto per le azioni si Segnalazione, Divulgazione e Comunicazione, che in un'ottica di innovazione ed approccio integrato, possono diventare i nuovi strumenti, insieme alle buone pratiche di analisi e progettazione, per l'abbattimento del fenomeno dell'incidentalità. Infatti mentre le funzioni di analisi delle condizioni di sicurezza, di manutenzione e gestione dell'infrastruttura trova nei portatori di doveri i soggetti destinati, il nuovo approccio rivela una necessità di comunicazione ed informazione per incrementare il livello di sicurezza sulla strada, i linea con il paradigma Smart.

D'altro canto anche nell'analisi delle esigenze conoscitive si riscontra una polivalenza di molte fonti rispetto agli attori a cui sono dirette: da qui scaturisce la necessità di strutturare un idoneo quadro conoscitivo che consenta di impostare processi in grado di soddisfare le esigenze dei diversi attori in materia di mobilità. La forte valenza dell'informazione circa alla presenza di criticità sull'infrastruttura, legate all'ambiente stradale e alla necessità di conoscere percorsi

sicuri e la localizzazione incidentale conferma l'importanza della consapevolezza dello spazio stradale e delle dinamiche veicolari, come elemento principale al fine di abbattere, in un approcci integrato e condiviso, la condizione diffusa di insicurezza stradale.

Ne deriva che la metodologia di analisi della mobilità sicura e il modello conoscitivo che la sottende, è soprattutto orientata allo studio delle condizioni di sicurezza che una strada può garantire nei suoi aspetti strutturali e funzionali, anche in relazione alle diverse prospettive degli stakeholder, in modo di corrispondere alle diverse esigenze legate al tema della road safety.

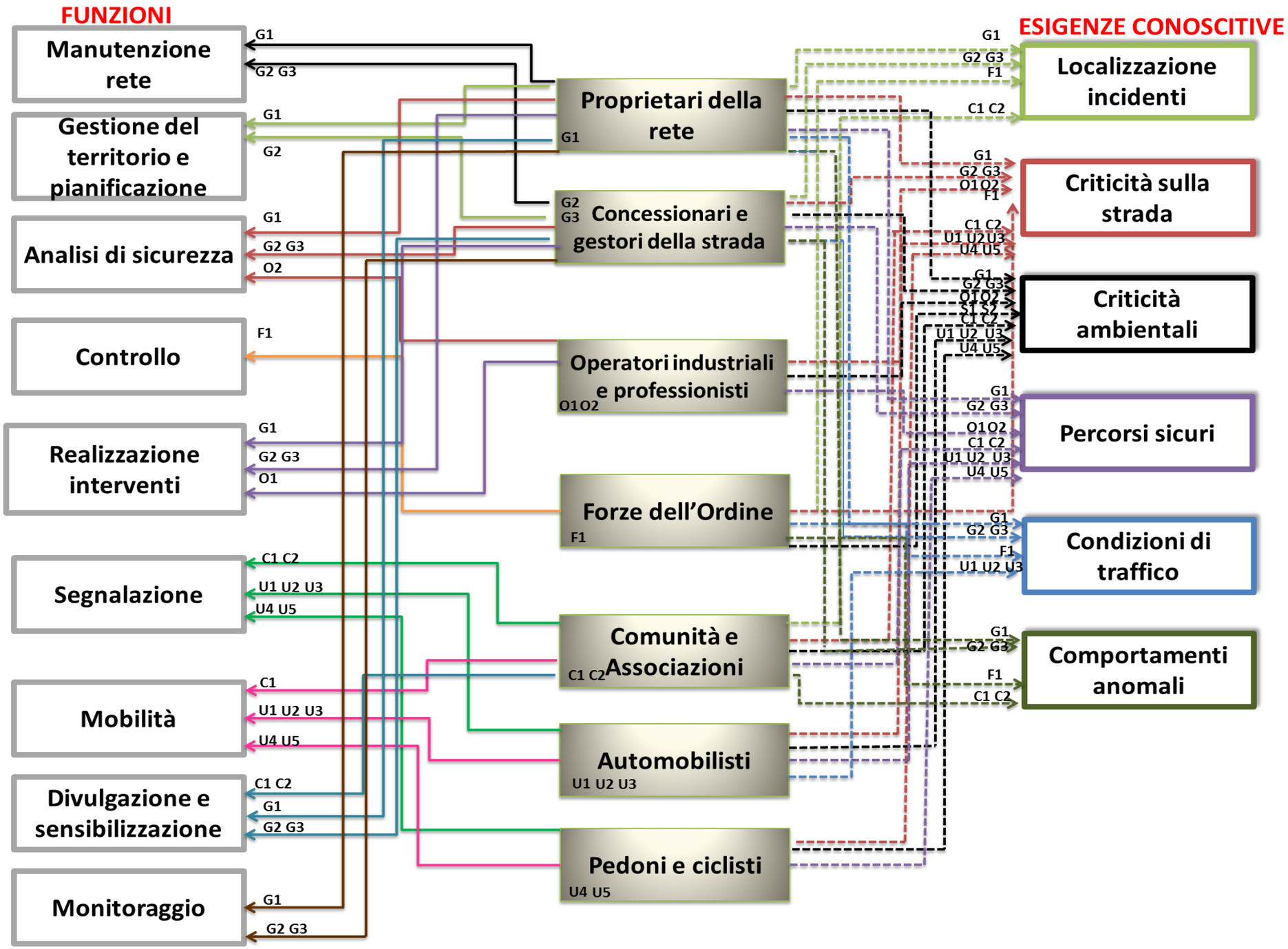


Figura 79:Connessioni Attori/funzioni/esigenze conoscitive

6.3 Fattori della mobilità sicura- analisi dei rapporti di causalità

Il primo passo da compiere per la costruzione del modello conoscitivo della mobilità sicura riguarda l'adozione di una prospettiva multidimensionale orientata alla caratterizzazione delle performance di sicurezza di una rete, articolata in diversi sottosistemi legati tra loro a doppio filo in termini di rapporti di causalità, così da definire il grado di interazione delle diverse componenti e l'influenza di ciascun contributo sul tema principale. I sottosistemi considerati fondamentali nell'analisi della problematica della mobilità sicura sono i seguenti:

- Sottosistema Ambiente e Territorio- *Landscape*: mette in relazione con il tema della sicurezza stradale sia aspetti ambientali e meteoclimatici e sia aspetti di carattere urbanistico e di gestione territoriale al fine di valutare l'efficacia delle politiche di governane che lambiscono il tema in questione.
- Sottosistema Società- *Living:* interessa specialmente gli aspetti culturali e sociali ed economici, fornendo informazioni sia sul complesso di servizi e punti attrattivi sul territorio, intorno ai quali le dinamiche di mobilità possono concentrarsi, e sia descrivere i comportamenti dei diversi attori sociali, le loro esigenze e le loro funzioni rispetto alla tematica della sicurezza stradale all'interno di un'ottica multiattoriale
- Sottosistema Strada- *Road*: rappresenta il *core* del sistema consentendo un preliminare inquadramento delle caratteristiche strutturali e funzionali del patrimonio stradale in rapporto alla tematica della sicurezza e un'analisi della storia incidentale all'interno di un'ottica integrata finalizzata alla definizione delle aree prioritarie di intervento e che necessitano di analisi approfondite.

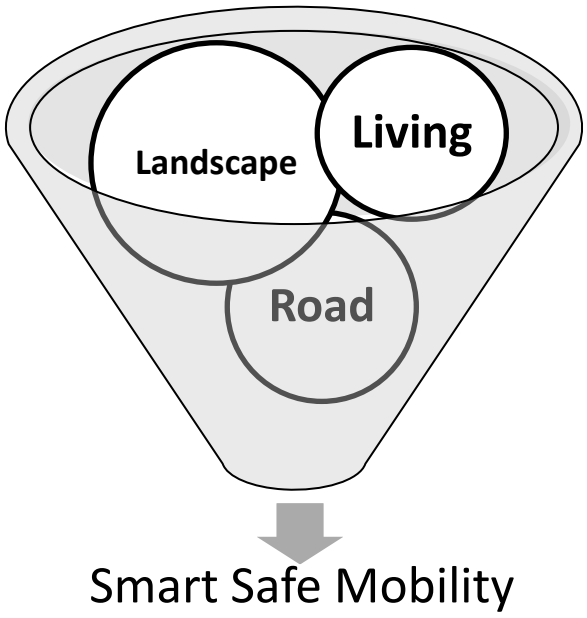


Figura 80:principali aspetti legati alla mobilità sicura

I fattori, raggruppati nei diversi sottosistemi, presentano ognuno una fenomenologia diversa, caratterizzata da differenti livelli di interazione con la problematica della sicurezza stradale, e risoluzioni spaziale e temporale eterogenee nella manifestazione dei propri effetti.

Il modello della mobilità sicura consiste quindi nella strutturazione delle informazioni necessarie alla descrizione dello spazio fisico e delle dinamiche che su di esso prendono atto attingendo agli innovativi paradigmi di *Road Model* e *Road Sensing,* come riportato in Figura 81.

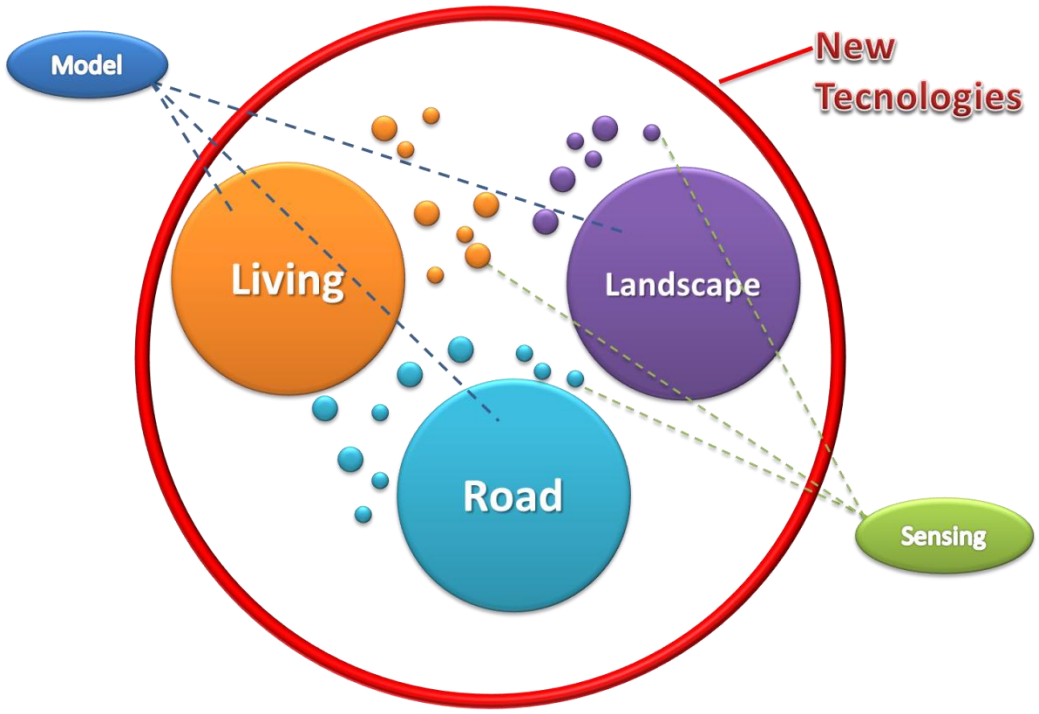


Figura 81:Analisi di fenomeni complessi con i nuovi paradigmi di Road Model e Road Sensing

Ogni sottosistema viene analizzato in relazione al suo rapporto con la strada ed il flusso di traffico, al fine di valutare la sua incidenza ai fini dell'incidentalità e strutturare i dati che lo descrivono all'interno del modello conoscitivo. E' evidente il ruolo strategico assunto dalle nuove tecnologie nella fase di indagine e monitoraggio dei fattori poiché esse forniscono gli strumenti necessari all'acquisizione dei dati e l'integrazione, l'analisi e la visualizzazione dei risultati.

6.3.1 SAFE SMART MOBILITY & LANDSCAPE

L'analisi della tematica della mobilità sicura in relazione al territorio fa emergere due aspetti principali: uno legato alle caratteristiche fisiche e naturali e l'altro all'azione antropica; entrambi, sotto punti di vista ed entità diverse, esercitano effetti sul livello di rischio che caratterizza un itinerario. Fenomeni di natura ambientale e climatica possono impattare evidentemente sulle normali condizioni di esercizio della strada o al limite comprometterne la funzionalità strutturale, particolari conformazioni morfologiche o la presenza di insediamenti urbanistici prospicienti il tracciato possono ostacolarne le condizioni di leggibilità e visibilità, dissesti idrogeologici (frane, crolli, esondazioni fluviali) possono interessare la sede stradale, costituendo una potenziale fonte di pericolo per gli occupanti i veicoli in transito. Allo stesso modo fenomeni a scala vasta come terremoti e incendi possono danneggiare la rete stradale e rappresentare anch'essi un potenziale pericolo. Anche gli agenti meteorologici presentano gradi di influenza sul fronte della mobilità sicura, specialmente nelle loro manifestazioni violente ed improvvise: essi hanno la capacità di incidere sulla gravità e frequenza degli incidenti stradali, influendo sia a livello diretto sulla stabilità del veicolo, e sia in maniera indiretta attraverso il processo di percezione dell'ambiente circostante sulla componente umana del sistema.

L'attenzione nei confronti delle componenti esogene, corresponsabili dell'innesco di situazioni incidentali, è presente a partire dai primi documenti ufficiali a livello nazionale sul tema della sicurezza stradale, come il Piano Nazionale per la Sicurezza Stradale, (Ministero dei Lavori Pubblici, 2000), i quali identificavano questo set di fattori come "condizioni di rischio ambientali", prevedendo azioni mirate ad abbatterne l'influenza, poiché elementi costituenti l'ambiente complessivo all'interno del quale gli incidenti si verificano.

6.3.1.1 Contesto ambientale e fisico –Physical Landscape

L'analisi del contesto ambientale e fisico ha lo scopo di mettere in luce i rapporti di reciproca influenza tra fattori di matrice naturale e la sicurezza stradale soprattutto per quanto concerne le condizioni in esercizio. In questa sede si sono considerate le categorie di agenti ritenute più influenti sulla tematica oggetto d'analisi: condizioni fisiche, condizioni meteorologiche, condizioni idrogeologiche e condizioni sismiche. Frutto dell'analisi è una mappatura dei fenomeni che insistono sui territori attraversati dalla rete stradale oggetto di studio, al fine valutarne di incidenza rispetto allo specifico caso in analisi.

Caratteristiche fisiche-Pshysical

Le caratteristiche fisiche che maggiormente influiscono sul tema della mobilità sicura sono l'orografia e la morfologia, poiché esse incidono già in fase progettuale sulle scelte inerenti il tracciato stradale e di conseguenza sulle scelte inerenti la sicurezza, interferendo con le condizioni di visibilità e leggibilità del tracciato, nonché con la distribuzione delle velocità. Inoltre la particolare orografia del territorio e la presenza di elementi idrici, fa registrare nel nostro Paese una notevole presenza di gallerie e opere di scavalcamento, le quali rappresentano punti singolari per la sicurezza stradale, poiché aree caratterizzate da magnitudo molto elevate rispetto alle condizioni riscontrate in sede naturale.

Caratteristiche	Informazione	Risorsa informativa
Fisiche	***Orografia***	Carta della Copertura del Suolo
		Immagini satellitari
		Modelli Digitali della Superficie DSM, Modelli Digitali del Terreno DTM
		Ortofoto
	Geomorfologia	Carta della Copertura del Suolo
		Immagini satellitari
		Modelli Digitali della Superficie DSM, Modelli Digitali del Terreno DTM
		Carta Numerica Tecnica
		Ortofoto
	Idrografia	Reticolo idrografico
		Carta della Copertura del Suolo

Tabella 24:Caratteristiche fisiche e risorse informative in relazione al tema della sicurezza stradale

La componente meteo climatica riveste un ruolo molto importante ai fini dell'insicurezza stradale poiché essa agisce a livello globale sul sistema strada, inoltre la variabilità spaziale e temporale, nonché il carattere di scarsa predicibilità di alcuni fenomeni ,le attribuisce un elevato potenziale di pericolosità per la mobilità. Secondo diversi autori infatti, (Forst D.B., 2002), gli elementi meteo climatici che influiscono in maniera più incisiva sulle condizioni di sicurezza sono temperatura media, neve e pioggia; quest'ultima è considerata il parametro più rappresentativo e ampiamente adottato, anche in relazione alla sua maggiore diffusione su base spaziale e temporale, valutata in termini di "altezza di pioggia". A valle di tali considerazioni è utile evidenziare che, sebbene la conclusione generale delle diverse analisi converga sull'apporto negativo che le precipitazioni hanno sul livello di sicurezza di una infrastruttura, è difficoltosa una enunciazione di principi generali, proprio in virtù della stretta relazione con gli altri

elementi del sistema strada e la marcata eterogeneità dei luoghi e delle condizioni locali. Analizzando gli effetti dei fattori meteo climatici sul sistema strada, emerge che la loro influenza si esplicita su tutte e tre le componenti del sistema strada: in relazione all'uomo, gli agenti meteo climatici possono alterare la domanda di spostamento e quindi l'esposizione al rischio (Keay K., Simmonds I., 2005), mentre interagendo con le caratteristiche strutturali della strada e meccaniche del veicolo possono minare le condizioni di equilibrio e stabilità del contatto strada-pneumatico.

Il fattore meteo climatico esercita influenza sul fattore umano a diverse dimensioni: a scala collettiva, come osservato da diversi autori (El Faouzi N. et al., 2001) è frequente che, in caso di condizioni metereologiche avverse, si verifichi una variazione nella domanda di mobilità e nella modalità prescelta, con particolare rifermento a pedoni e ciclisti. Naturalmente tali scelte sono legate alla reale necessità del viaggio e alla possibilità di tollerare ritardi e disagi, elementi discrezionali dell'utente. A scala individuale invece è forte l'influenza delle condizioni meteo sulla visibilità e sulla percezione del tracciato da parte del guidatore: improvvisi scrosci o presenza di nebbia possono causare la momentanea perdita di visuale e dispositivi di protezione come caschi ed occhiali possono creare disagio e limitare la visibilità. Situazioni di elevato irraggiamento elevato possono allo stesso modo innalzare il livello di pericolo creando situazioni di abbagliamento o errata percezione prospettica del tracciato. Inoltre numerosi studi di letteratura hanno riscontrato una modifica del comportamento dell'utente alla guida che tende alla diminuzione della velocità, l'aumento della distanza di sicurezza, in linea con quanto descritto nell'approcci omeostatico.

In relazione al veicolo le condizioni meteo possono compromettere la caratteristica di aderenza, elemento fondamentale ai fini della sicurezza, poiché contribuisce a garantire la stabilità del mezzo in movimento.. La presenza di un elevato velo idrico può favorire fenomeni di acquaplaning [93] e innescare condizioni di slittamento al contatto penumatico-usura, compromettendo la stabilità del veicolo a causa di una scarsa componente di aderenza (longitudinale e trasversale). Stesso risultato può essere causato da presenza di ghiaccio, neve, fogliame e detriti sulla superficie stradale. In virtù di tali meccanismi si riscontra un diverso grado di influenza delle condizioni meteo sulle diversi classi veicolari: ad esempio risulta che la circolazione di mezzi pesanti rappresenta il primo fattore di rischio per l'attuazione di blocchi del traffico.

Le analisi che molti autori hanno sperimentato consistono nell'analisi delle condizioni meteorologiche in relazione alla distribuzione degli incidenti, evidenziando che gli incidenti che si sono verificati in condizioni climatiche più rischiose seguono il percorso delle perturbazioni meteo (Edward 1996).

Caratteristiche	Informazione	Risorsa informativa
Metereologiche	***Informazioni su eventi passati***	Archivio storico dei dati metereologici
	Informazioni in tempo reale	Dati in tempo reale istituzionali
		Dati in tempo reale istituzionali : centraline
		Dati in tempo reale non istituzionali
	Previsioni	Previsioni da modelli

Tabella 25:Caratteristiche meteo climatiche e risorse informative in relazione al tema della sicurezza stradale

[93] Il fenomeno dell'acquaplaning si verifica nel momento in cui l'azione di allontanamento del velo idrico da parte delle scolpiture del battistrada dello pneumatico o di penetrazione del velo idrico da parte della macro rugosità dello strato di usura non siano sufficienti a garantire un contatto e si instaura un regime di pressione idrodinamica tali da eguagliare la pressione esercitata in senso opposto al contatto pneumatico-pavimentazione. (Canale S. , Leonardi S. , Nicosia F., 1996)

Caratteristiche idrogeologiche

Il rischio idrogeologico è una fenomenologia molto comune nel nostro Paese: sotto l'effetto di particolari condizioni meteorologiche, come ad esempio fenomeni impulsivi di breve durata e elevata intensità, alcuni elementi naturali possono radicalmente mutare il loro stato, e diventare fonte di grande pericolo per la mobilità. Con il termine "dissesto idrogeologico" si definiscono "*i fenomeni e i danni reali o potenziali causati dalle acque in generale, siano esse superficiali, in forma liquida o solida, o sotterranee.* " come riportato nelle fonti web della Protezione Civile[94].

Si deduce quindi che le manifestazioni più frequenti siano frane, alluvioni, erosioni costiere, subsidenze e valanghe, eventi che possono interferire negativamente sul livello di performance non solo a livello di strada, ma di rete in ragione delle dimensioni del fenomeno, con la possibilità di causare, oltre a disagi evidenti alla circolazione anche danni strutturali all'infrastruttura. E' evidente che l'interazione di questi fenomeni con gli elementi strada e veicolo è prioritaria: essi possono agire a livello del contatto strada-veicolo, creando condizioni di instabilità fino a fenomeni di caduta massi compromettendo la percorribilità o danni strutturali sia sulla sede stradale e sugli elementi d'arredo. Fenomeni molto particolari quali sprofondamenti rapidi possono creare situazioni improvvise di pericolo per la circolazione, provocando un istantaneo cedimento nella struttura stradale con la formazione di cavità.

Caratteristiche	Informazione	Risorsa informativa
Idrogeologiche	***Geologia***	Carta Geologica d'Italia
	Geomorfologia	Carta della Copertura del Suolo
		Immagini satellitari
		Modelli Digitali della Superficie DSM, Modelli Digitali del Terreno DTM
		Ortofoto
	Orografia	Carta della Copertura del Suolo
		Immagini satellitari
		Modelli Digitali della Superficie DSM, Modelli Digitali del Terreno DTM
		Ortofoto
	Bacini idrografici	Reticolo idrografico
		Carta Numerica Tecnica
		Carta della Copertura del Suolo
		Livelli Idrometrici
		Dati in tempo reale istituzionali
		Aree esondabili e a ristagno idrico
		Piano Assetto idrogeologico
	Fenomeni franosi	IFFI Inventario Fenomeni Franosi in Italia
		Modelli tridimensionali dei versanti

Tabella 26:Caratteristiche idrogeologiche e risorse informative in relazione al tema della sicurezza stradale

Caratteristiche Sismiche

Il sisma è una delle componenti ambientali a più elevato impatto sia per la scala territoriale che generalmente coinvolge e sia per la magnitudo ad esso legata. Come riportato da fonti ufficiali, la pericolosità sismica del nostro Paese presenta un livello medio alto per frequenza ed intensità di fenomeni, dovuta a una vulnerabilità molto elevata, legata ad una fragilità di fondo del patrimonio edilizio e infrastrutturale, un'alta esposizione determinata dall'elevata densità abitativa e il consistente patrimonio storico ed artistico presente.

L'area interessata da un evento sismico generalmente coinvolge porzioni di rete stradale significative, ed esercita la sua maggiore influenza sugli elementi strutturali del sistema.

[94] Protezione Civile, http://www.protezionecivile.gov.it,

L'evento infatti può fortemente compromettere la stabilità di opere d'arte e della sede stradale, producendo entità di danno diversa in relazione all'opera e al territorio attraversato. E' fondamentale nell'analisi di pericolosità della rete stradale, in relazione a tale tipologia di fenomeno naturale, individuare particolari itinerari strategici in caso di emergenza: attraverso una profonda conoscenza dei territori e delle infrastrutture gli Enti sono chiamati a definire e gerarchizzare collegamenti in ragione del loro ruolo nella maglia di accessibilità al siti critici in caso di evento, sui quali vengono orientate particolari attenzioni progettuali e manutentive.

Caratteristiche	Informazione	Risorsa informativa
Sismiche	***Zone sismiche***	Classificazione zone sismiche
		Storico degli eventi sismici
		Dati sismici in real time

Tabella 27:Caratteristiche sismiche e risorse informative in relazione al tema della sicurezza stradale

6.3.1.2 Contesto territoriale e antropico

La sicurezza stradale risente non solo dell'effetto di fattori esogeni naturali, ma è parimenti influenzata dalle interazioni con l'ambiente urbano, inteso come insieme di spazi e dinamiche antropiche. Gli aspetti che maggiormente influenzano la sicurezza stradale sono riconducibili alla fitta rete di iterazioni che emerge in ambito urbano, legate anche alle scelte di pianificazione, all'eterogeneità delle utenze agli spazi di interazione più ristretti. Contemporaneamente anche il fattore dell'esposizione registra un notevole incremento in ambito urbano, contribuendo ad innalzare il livello di rischio: da un lato si registra una maggiore densità abitativa propria delle realtà urbane e dall'altro maggiore densità veicolare o delle utenze in genere.

Figura 82 Congestione Milano Via Orefici-Via Torino, primi '900, Fonte Lombardia beni culturali[95] e oggi, Fonte Google Maps

Diversi studi hanno dimostrato che l'incidentalità in area urbana rappresenta circa un terzo del fenomeno (Ministero dei Lavori Pubblici, 2001), facendo registrare ingenti perdite in termini di vite umane e beni materiali. La sicurezza stradale in questo contesto è il risultato dell'interazione tra lo spazio, le dinamiche urbane, e le altre reti di trasporto: in confronto della Figura 82 mette in evidenza come, con tecniche di organizzazione della viabilità, una maggiore educazione alla sicurezza stradale, sia passati da una situazione ricca di conflitti nella mobilità di inizio '900 ad una condizione di organizzazione e regolarità per la stessa intersezione, ai giorni nostri.

[95] Lombardia beni culturali: Anonimo, "Milano - Via Orefici. Traffico nella via all'incrocio con via Torino. Auto, tram, biciclette e carrozze", http://www.lombardiabeniculturali.it/fotografie/schede/IMM-3a010-0008283/.

Caratteristiche urbanistiche

Le scelte urbanistiche alla base della pianificazione dell'uso della città generano inevitabili ripercussioni sul fronte della mobilità: i modelli di insediamento adottati, la disponibilità di servizi e l'azione generata dal vivere quotidiano dei cittadini genera pressioni sul sistema di mobilità, influenzandone il tenore di congestione e sicurezza.

Buone scelte di pianificazione sono in grado di definire le migliori soluzioni organizzative e progettuali del territorio affinché esigenze di mobilità ed insediative possano essere corrisposte in maniera intelligente e senza frizioni all'interno dello stesso paesaggio. Diversi studi in materia hanno evidenziato l'influenza della scelta dei modelli insediativi sul tema della mobilità: come analizzato da Berkovitz (Berkovitz A., 2011) il "modello di uso misto " ha caratterizzato la struttura insediativa dei primi del 1900, fino a cedere il passo ad un "modello a maglia", nel Secondo dopoguerra, caratterizzata da maggiori estensioni delle strade, organizzate in isolati e più punti d'accesso. Tale mutamento rivela la necessità di garantire accessibilità a nuove aree suburbane, nelle quali ogni tipo di destinazione (uso commerciale , residenziale, produttiva) è separata dalle altre, con una rete organizzata a "mozzo e raggi".

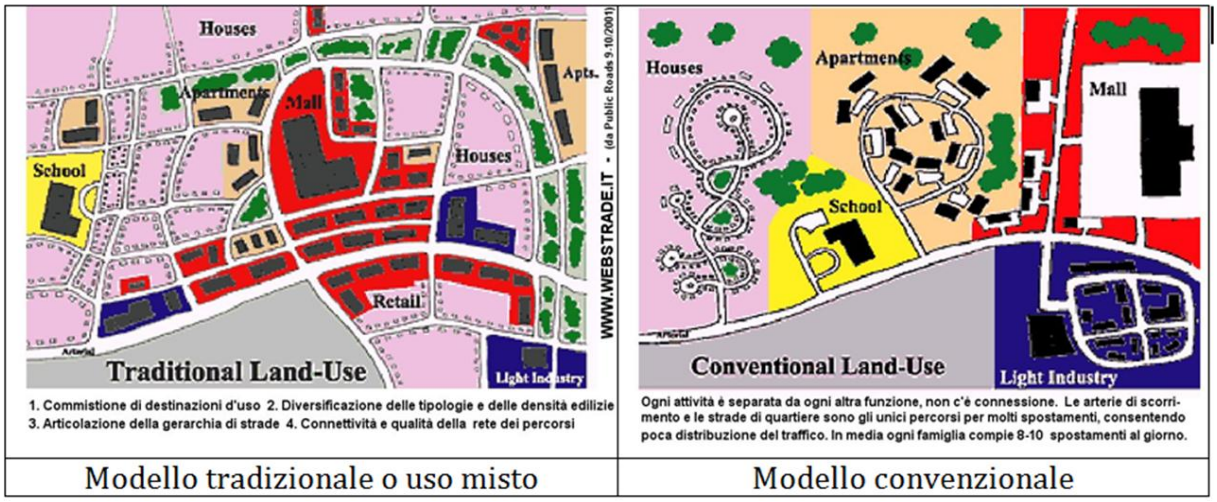


Figura 83:Confronto tra il modello urbanistico a Uso Misto e Convenzionale- Berkovitz A. , 2001

Tali modelli sono ancora presenti nelle odierne organizzazioni urbane, generando differenze in termini di scelte di itinerari, carico sulle arterie in termini di flussi di traffico, tempi di percorrenza, caratteristiche che premiano il modello misto, grazie anche al maggior numero di connessioni. Oltre ad essere generatrice di alti costi per la mobilità a cause dell' *Urban Spraw* [96], tale modello presenta tuttavia elementi negativi ai fini della sicurezza, legati alla presenza di un numero maggiore di punti critici quali intersezioni, poiché aree in cui i diversi utenti compiono manovre diverse dalla semplice marcia; inoltre in corrispondenza delle intersezioni si riscontra commistione di utenze, ad esempio attraversanti pedonali. Da tali riflessioni emerge che l'assenza o una gerarchizzazione inadeguata delle reti, o una cattiva gestione dei punti di conflitto localizzati prettamente in corrispondenza di intersezioni, possono tradursi in elevati tassi di incidentalità in area urbana.

[96]Urban Sprawl è la diffusione, la crescita di una città nelle sue aree periferiche, con la proliferazione di edifici residenziali e commerciali in aree rurali o terreni non precedentemente edificati. La tipologia tipica abitativa è quella di case unifamiliari, con evidenti fenomeni di pendolarismo nel tragitto casa lavoro, producendo esternalità negative sia in termini ambientali, e sia in termini di costi economici e sociali sostenuti dagli abitanti. (Hill A. , 2013).

La componente che risente principalmente delle scelte di pianificazione della destinazione delle aree territoriali è la rete stradale: le caratteristiche compositive e funzionali di una strada sono fortemente influenzate dall'ambito, urbano o extraurbano, in cui essa si colloca. In base a tale aspetto variano gli aspetti strutturali e compositivi della piattaforma: l'organizzazione della sede stradale, ad esempio in termini di presenza marciapiedi, dimensioni banchine e franco, presenza di elementi di separazione tra le classi di utenze ammesse, dispositivi di protezione , etc. Variano inoltre una serie di caratteristiche che interferiscono con il nastro stradale: la presenza di illuminazione, prospicienza degli edifici, la frequenza degli accessi, presenza di stalli per la sosta a margine corsia, arredi urbani, cartellonistica, etc. Essi sono solo alcuni degli elementi che influenzano, a vario titolo, il livello di performance di sicurezza della strada poiché possono produrre riduzione degli spazi disponibili per le manovre, diminuzione della visibilità, interazioni e commistione tra le diverse correnti veicolari e la commistione tra classi veicolari diverse. Scelte compiute sul tessuto urbano possono interferire con le caratteristiche funzionali della strada, traducendosi in differente distribuzione della domanda di mobilità in ragione dell'usi del territorio, congestione, accessibilità ai luoghi.

In ambito urbano il fattore ambientale esercita una forte componente di condizionamento sull'utente alla guida: la percezione dello spazio e della velocità giocano un ruolo fondamentale in un contesto fitto di interazioni come quello urbano, tesi avvalorata dalle evidenze sperimentali che individuano nell'eccesso di velocità e alla mancanza osservanza delle norme vigenti, soprattutto in area di intersezione, i comportamenti più diffusi alla base i situazioni incidentali.

Caratteristiche	Informazione	Risorsa informativa
Urbanistiche	***Definizione dei centri abitati e aree extraurbane***	Carta della Copertura del Suolo
		Catasto dei Terreni e dei Fabbricati
		Carta Numerica Tecnica
		Ortofoto
		Sezioni Censuarie ISTAT
		Piani Urbani
		Limiti Amministrativi
		Catasto delle Strade e grafo
		Flussi di Traffico

Tabella 28:Caratteristiche urbanistiche e fonti informative necessarie

Caratteristiche del sistema della mobilità

Il complesso del sistema dei trasporti viene analizzato nel suo rapporto con la sicurezza stradale: l'aspetto da evidenziare risiede nell'esistenza di interazioni all'interno dello spazio stradale tra le diverse modalità di trasporto. All'interno della modalità di trasporto su strada è cause di insicurezza la marcata commistione tra classi veicolari con caratteristiche molto diverse, o la presenza sulla sede stradale si arre particolari dedicate alla fermata dei mezzi pubblici; contemporaneamente i punti di contatto tra due modalità di trasporto diverse creano potenziali punti critici: attraversamenti di binario non protetti, o la presenza della sede tranviaria non indipendente, l'assenza di adeguate piste ciclabili

Lo scopo è quello di studiare le relazioni tra le diverse reti e individuare la presenza di eventuali punti di criticità tra le diverse modalità di trasporto per le diverse tipologie di utenze: attraversamenti della sede stradale da parte di binari ferroviari in condizioni protette possono rappresentare una criticità localizzata evidente, così come l'assenza di marciapiede o piste ciclabili può innalzare il rischio incidentale per tali categorie sotto determinate condizioni legate al contesto ambientale. Altro passo fondamentale consiste nell'analisi delle reti a servizio del

trasporto pubblico locale: l'interferenza principale di questo tipologia di elemento e la strada risiede nelle aree destinate alle fermate del trasporto pubblico.

E' facile riscontrare che ai fini dell'individuazione delle relazioni col il tema della stra sicura, sono il trasporto pubblico e la rete ferroviaria che possono generare maggiori abbattimenti dei livelli di rischio per la commistione della sede stradale.

L'analisi consiste nella mappatura e caratterizzazione della rete di mobilità del territorio, comprendendo tutte le diverse tipologie di sistemi di trasporto: ferroviario, aereo, navale.

Caratteristiche	Informazione	Risorsa informativa
Sistema della mobilita'	***Rete stradale***	Catasto delle Strade e grafo
		Carta Numerica Tecnica
	Rete ferroviaria	Grafo ferriviario
		Carta Numerica Tecnica
	Idrovie	Grafo della rete dei canali navigabili
		Carta Numerica Tecnica
	Aeroporti	Aeroporti
	Interporti	Interporti
	Mobilita' collettiva	Mobilità collettiva

Tabella 29:Caratteristiche della rete trasporti e fonti informative necessarie

6.3.2 SAFE SMART MOBILITY & LIVING

L'analisi dello "Stile di vita" e delle attività ad esso connesse consente di evidenziare legami di tipo diretto ed indiretto osservabili in relazione alla mobilità: i settori industriale ed economico, sociale e turistico presuppongono lo spostamento di persone e merci per le loro attività, contribuendo a modificare e a plasmare la domanda di mobilità, favorendo talvolta l'insorgere di fenomeni di congestione e l'abbattimento dei livelli di sicurezza.

Gli aspetti legati alla categoria *Living* che più impattano sul tema della mobilità sicura afferiscono da un lato ai servizi, ossia alla presenza sul territori punti di interesse che in qualche modo con la loro presenza e le loro attività possono interferire con le normali condizioni di viabilità, e dall'altro alla percezione che gli utenti hanno di una infrastruttura e che va a far leva sulla sfera sociale.

6.3.2.1 Contesto dei servizi e delle attività

La presenza sul territorio di punti di interesse può far variare sia a livello temporale e sia spaziale la distribuzione della domanda di mobilità, con possibili ripercussione sul tenore di sicurezza garantita dalla rete viaria interessata. Ad ognuno delle diverse caratteristiche che afferiscono al contesto Living sono associate delle particolari esigenze di mobilità, introducendo così fattori diversi all'interno delle dinamiche di mobilità.

Caratteristiche industriali e economiche

La presenza di attività industriali ed economiche sul territorio può produrre effetti a livello temporale della distribuzione della domanda di mobilità, legata agli orari di lavoro, producendo picchi di traffico, e favorendo situazioni di congestione; allo stesso modo la distribuzione spaziale di tali punti di interesse tenderà a far variare l'andamento dei flussi di traffico lungo la rete. Particolari interferenze sono introdotte da tali due settori in riferimento alle variazioni delle composizione dei flussi di traffico: connesse alla presenza di tali attività sul territorio è la necessità di approvvigionamento di materie prime e movimentazione dei prodotti, così da innalzare la percentuale di presenza di veicoli pesanti ed industriale sulle arterie limitrofe ai siti di interesse. Tale condizione è particolarmente presente nel nostro Paese in relazione alla struttura prevalente del tessuto economico ed industriale: si riscontra infatti una netta

prevalenza di piccole e medie imprese che, nel corso degli anni hanno preferito la rete stradale come principale modalità di movimentazione, condizione facilitata dalla disomogenea distribuzione di sistemi di trasporti alternativi.

Per valutare tali effetti è necessario conoscere la posizione di tali punti di interesse sul territorio, anche in relazione alla loro vicinanza con le arterie stradali; gli effetti che essi esercitano sulle condizioni di deflusso e la sua composizione è necessario ricorrere a dati di traffico.

Caratteristiche	Informazione	Risorsa informativa
Industriali ed economiche	***Tipologia di contesto territoriale***	Zonizzazione urbana
		Punti di interesse attività industriali
		Carta della Copertura del Suolo
	Rete stradale	Grafo stradale

Tabella 30:Caratteristiche industriali ed economiche e fonti informative

Caratteristiche sociali e turistiche

La presenza di aree di particolare pregio turistico, o punti di richiamo culturale o semplici luoghi di aggregazione si rivelano attrattori delle correnti di traffico, generando pressioni sul sistema della mobilità sicura. Tali punti di interesse possono produrre aumento dei flussi di traffico sulle arterie stradali di accesso, e presentare un particolare tempo di ritorno legata all'attività specifica. Eventi particolari a carattere culturale, sociale e turistico generano innalzamenti dei livelli di traffico .

Per valutare l'effetto di tali componenti sul sistema della mobilità è necessario disporre della loro localizzazione sul territorio.

Caratteristiche	Informazione	Risorsa informativa
Sociali e turistiche	***Tipologia di contesto territoriale***	Zonizzazione urbana
		Punti di interesse attività sociali, culturali, turistiche
		Carta della Copertura del Suolo
	Rete stradale	Grafo stradale
	Servizi di trasporto pubblico	Rete TPL

Tabella 31:Caratteristiche Sociali e turistiche e fonti informative

6.3.2.2 Contesto Persone

A livello sociale la percezione che gli utenti hanno di un tracciato stradale può influire sulle condizioni di sicurezza: se l'opinione pubblica ed i media associano ad una strada un elevato livello di pericolosità, spesso a causa di ripetuti eventi incidentali, è possibile che si verifichi un'azione di condizionamento sulla condotta di guida degli utenti stessi, incoraggiandoli verso comportamenti più cauti, o verso scelte di itinerari alternativi. Questo può produrre un abbassamento dei flussi di traffico o la diminuzione di fenomeni incidentali.

Tuttavia non è possibile misurare la percezione di sicurezza di una infrastruttura, sen on su base volontaria incoraggiando, mediante strumenti di coinvolgimento e meccanismi *wiki* come *app* e strumenti GIS *web oriented*, la partecipazione dei cittadini. Tuttavia non è possibile ad oggi individuare una evidente correlazione tra sicurezza e percezione degli utenti, poiché, come confermato dalla teoria omeostatica, uno dei principali fattori di rischio connessi alla componente umana risiede nel livello di rischio avvertita dall'utente. Disporre di tale informazione può essere utile alla valutazione di situazioni e criteri per la valutazione della sicurezza globale.

6.3.3 SAFE SMART MOBILITY & ROAD

L'infrastruttura stradale è di certo il fulcro della mobilità sicura: evidenze sperimentali e numerosi studi dimostrano che il ruolo della strada, intesa come spazio fisico del moto, anche in virtù dei suoi effetti secondari tramite il condizionamento sul fattore umano, e le sue condizioni in esercizio, risulta essere uno dei fattori determinanti per l'insorgere di fenomeni incidentali. Contemporaneamente la strada è l'elemento che, rispetto alle altre componenti del sistema, presenta un netto e superiore potenziale di miglioramento, agendo soprattutto sulle sue caratteristiche di *Self Explanatory* e *Forgiving Road* come già introdotto al Capitolo 2: essa è un caratteristica imprescindibile, e un intervento su di essa apporta benefici su tutti gli utenti transitanti.

6.3.3.1 Contesto Structure

Gli aspetti principali che influenzano le condizioni di mobilità afferiscono agli aspetti fisici e strutturali dell'infrastruttura stradale: le caratteristiche geometriche e compositive caratterizzanti lo spazio dedicato alla mobilità sono frutto delle scelte progettuali del tecnico, legate quindi alla sua sensibilità e alla sua percezione di rischio, contribuendo a determinare così il livello di sicurezza che caratterizza l'infrastruttura. L'analisi sotto il duplice aspetto strutturale e funzionale consente di inquadrare le performance di sicurezza per quanto concerne le interazioni ed i fattori endogeni al sistema strada: l'analisi delle caratteristiche fisiche, dei parametri dei flussi di traffico e dell'incidentalità consentono di definire le aree critiche per la sicurezza stradale e, di conseguenza, il peso di questi elementi sul tema generale della mobilità sicura.

Caratteristiche geometriche

Le caratteristiche geometriche di una infrastruttura stradale racchiudono l'insieme delle grandezze atte a descrivere l'andamento dell'asse stradale e della sua organizzazione: è evidente che tale aspetto rappresenta il fondamento della caratteristica di sicurezza dello spazio stradale poiché è legata alla natura del territorio, alle performance dei veicoli e alle capacità del conducente.

Il primo aspetto che influenza le condizioni di sicurezza è dato dalle caratteristiche geometriche dell'asse stradale: scelte poco adeguate in fase di progettazione in relazione alla successione degli elementi basilari che compongono il tracciato plano altimetrico si ripercuotono sulle caratteristiche di visibilità, coordinamento, percezione, fondamentali per garantire una corretta e sicura interazione strada-uomo. Contemporaneamente si riscontrano evidenti interferenze con la stabilità del veicolo: la scelta di appropriati raggi di curvatura è in diretta connessione con la stabilità del mezzo, così come la scelta della pendenza longitudinale può interferire con le performance soprattutto di veicoli pesanti.

Altro aspetto che influenza fortemente le performance di sicurezza di una infrastruttura riguarda il numero e la tipologia di intersezioni presenti: esse rappresentano in genere aree in cui l'utente passa da una condizione di marcia regolare, ad una caratterizzata da maggiori interazioni con altre correnti di traffico e dalla necessità di esecuzione di manovre, generando così diversi punti di conflitto che innalzano il rischio incidentale. All'interno di tale caratteristiche è necessario valutare la tipologie di intersezione poiché è noto dalla letteratura di riferimento (decreto progettazione intersezioni) la separazione delle correnti veicolari, mediante sfalsamento temporale o fisico riduce la probabilità incidentale, premiando quindi intersezioni a rotatoria, semaforiche e a livelli sfalsati rispetto a quelle a raso. E' inoltre di

fondamentale importanza che tali elementi caratteristici siano in grado di soddisfare alla domanda di mobilità tramite una adeguata capacità.

Caratteristiche compositive della piattaforma

La fase progettuale, in relazione a quanto previsto dalla normativa di riferimento, determina la composizione della sezione trasversale dell'infrastruttura, in termini di dimensione e di elementi modulari presenti: questo si ripercuote, per quanto riguarda le caratteristiche dimensionali della sezione trasversale sulla capacità della strada di accogliere i flussi di traffico, e quindi determinare possibili condizioni di congestione, e per quanto riguarda la scelta degli elementi funzionali presenti si hanno effetti sul grado di comfort e sicurezza in relazione alla loro tipologia e stato manutentivo. Si può includere in tale categoria anche l'influenza delle condizioni della pavimentazione sul livello di sicurezza, poiché va a minare il delicato equilibrio al contatto pneumatico – superficie stradale, legata al fenomeno di aderenza e quindi alla stabilità del veicolo.

Caratteristiche di arredo funzionale

Possono interferire con il livello di sicurezza della mobilità tutti gli elementi presenti entro la sede stradale che hanno la funzione di mitigare gli effetti di comportamenti a rischio dell'utente (dispositivi di ritenuta, elementi di separazione) o dispositivi orientati alla guida dell'utente nella sua azione di guida (segnaletica, impianti semaforici, sistemi di informazione all'utenza).

La Tabella 32 sintetizza le caratteristiche considerate e le fonti informative necessarie.

Contesto	Caratteristiche	Informazione	Risorsa informativa
Structure	Geometriche	***Andamento Plano-altimetrico***	Catasto delle Strade e grafo
		Intersezioni	Catasto delle Strade e grafo
	Compositive della piattaforma	***Sezione***	Catasto delle Strade e grafo
		Opere d'arte	Catasto delle Strade e grafo
			Modelli tridimensionali opere d'arte
	Funzionale	***Funzione di protezione o separazione***	Catasto delle Strade e grafo
		Comunicazione, arredo	Catasto delle Strade e grafo
			Segnaletica
			Alberature

Tabella 32:Caratteristiche del tema Structure

6.3.3.2 Contesto Use

Le condizioni di esercizio influenzano notevolmente il livello di sicurezza della mobilità, poiché emergono i rapporti di condizionamento ed interazione interni alle correnti veicolari e rispetto all'ambiente circostante, che spesso possono sfociare in situazioni incidentale, e quantomeno, abbattere le condizioni di comfort.

Tale analisi è fondamentale ai fini della valutazione del livello di sicurezza di una strada perché, oltre a evidenziare le interazioni strada veicolo di tipo cinematico e dinamico, possono desumersi le riposte degli utenti alla guida nelle diverse condizioni di traffico e ambientali: emerge infatti, ai fini della valutazione della sicurezza, la reale percezione da parte dell'utente dell'ambiente stradale, in rapporto agli assunti del progettista, con la possibilità di localizzare i punti critici per la mobilità, favorendo un approccio multidisciplinare in grado di rappresentare i diversi fenomeni interconnessi. Una sintesi delle fonti informative necessarie è riportata in Tabella 33.

Caratteristiche del traffico

Comportano modifiche sostanziali alle caratteristiche della mobilità sicura, in relazione alle condizioni di esercizio, sia l'entità dei carichi di traffico, nella loro variabilità spaziale e temporale, poiché l'incidentalità risulta fortemente influenzata dall'offerta di servizio della strada, e sia la composizione dei flussi, in base alle caratteristiche dei tipi veicolai, in quanto l'eterogeneità delle loro caratteristiche e le diverse aspettative di servizio comportano interferenze funzionali che spesso generano situazioni incidentali.

Caratteristiche incidentali

Per completezza si analizzano le relazioni tra il tracciato e i dati d'incidentalità, che rappresentano l'esito dell'improprio uso della rete stradale. Essi influenzano la sicurezza della mobilità, poiché consentono di individuare le relazioni di causalità interne al sistema stradale che hanno condotto all'evento incidentale.

Use	**Traffico**	***Densità spaziale***	Flussi di Traffico (tempo reale e storico)
		Frequenza	Flussi di Traffico (tempo reale e storico)
		Velocità media	Flussi di Traffico (tempo reale e storico)
		Composizione delle correnti	Flussi di Traffico (tempo reale e storico)
	Incidenti	***Localizzazione incidentali***	Schede rilevazione CTT_INC
		Tipologie incidentali	Schede rilevazione CTT_INC

Tabella 33:Caratteristiche tema Use e fonti informative

6.3.4 DALL'ANALISI DELLE RELAZIONI AL MOBILITY MODEL

La mappatura e l'analisi delle relazioni di interazione che sottendono il paradigma della mobilità stradale sicura ed intelligente ha messo in evidenza i diversi legami che intercorrono tra i tre sottosistemi *Landscape*, *Living* e *Road* e successivamente ha condotto alla definizione delle fonti informative necessarie alla loro compiuta descrizione, in vista della realizzazione del Mobility Model. L'analisi ha evidenziato che il contesto *Road* è il più influente ai fini della caratterizzazione della mobilità stradale, anche perché le caratteristiche *Structure* e *Use* fanno riferimento proprio alla conformazione fisica della strada e alle condizioni di moto in fase di esercizio, richiamando chiaramente gli elementi principali del sistema strada. Inoltre, dall'analisi delle relazioni interne al sottosistema *Road*, è emerso che le condizioni di *Use*, ovvero il sistema di interazioni tra veicoli ed infrastruttura in fase di esercizio, che comprendono anche l'esito dei comportamenti umani, gioca un ruolo strategico ai fini della caratterizzazione della sicurezza per gli utenti, coerentemente con quanto riportato in letteratura. Il fattore strutturale invece influenza la sicurezza soprattutto sulla base di relazioni indirette: le condizioni manutentive del manto, alla presenza di dispositivi e le caratteristiche geometriche, sono solo alcuni aspetti che tuttavia esplicano i loro maggiori effetti in relazione alla componente umana, generando effetti secondari sulla mobilità sicura

Il secondo livello di influenza è attribuito al contesto *Landscape*, poiché i suoi fattori, benché originati al di fuori della piattaforma, possono esercitare la loro influenza sulla mobilità agendo sulle correnti veicolari e sulla sede stradale: in ambito urbano le interazioni si manifestano con costanza a differenza di fattori ambientali che possono essere caratterizzati da una maggiore variabilità temporale. In contesto urbano le condizioni che generano maggiori interazioni sulle correnti di traffico, innalzando i livelli di rischio, si verificano in compresenza delle reti di trasporto alternative, cioè ove sorgono punti di conflitto tra le diverse modalità di trasporto (attraversamenti ferroviari, tram, fermate autobus), situazione aggravata dell' eterogeneità veicolare. L'analisi del contesto fisico ha evidenziato che le condizioni meteorologiche, grazie

alla loro influenza sulla componente percettiva del fattore umano, e gli eventi di carattere idrogeologico per la magnitudo con cui essi si presentano, risultano essere i più gravosi nel computo dell'insicurezza per quanto riguarda il contesto *Landscape*.

Il sottosistema *Living* genera il minor numero d'influenze sull'aspetto della sicurezza stradale: in senso fisico, mediante la presenza di punti di interesse sul territorio (quali ad esempio scuole, luoghi di aggregazione, industria e uffici), può modellare la domanda di mobilità e generare livelli di congestione, mentre agisce a livello culturale influenzando l'opinione dei cittadini in merito al livello di sicurezza di un itinerario in relazione alla percezione personale, procurando una variazione sul livello di percorrenza dello stesso.

L'analisi multitematica, la cui sintesi è riportata in Figura 84 ha condotto alla definizione delle connessioni e delle relazioni tra i diversi contesti che possono interagire con il tema della mobilità stradale sicura, generando una valutazione del livello d'influenza dei rispettivi fattori, riflessione propedeutica alla creazione di opportuni indicatori atti a caratterizzare il livello di sicurezza globale di una infrastruttura.

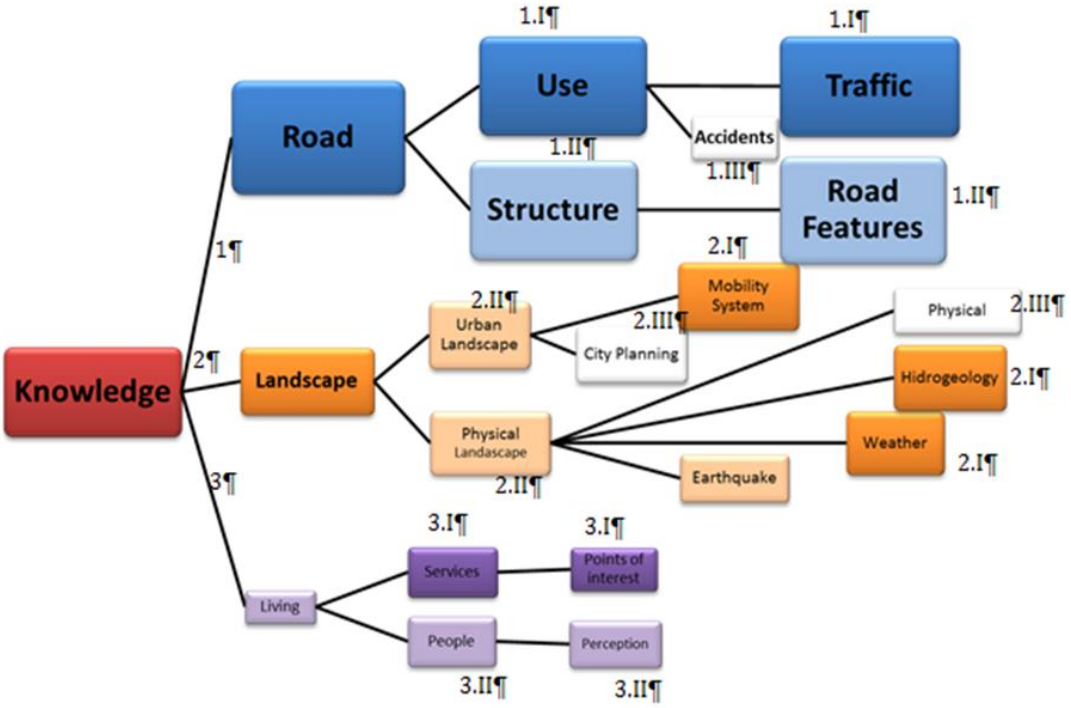


Figura 84:Analisi delle relazioni d'influenza sulla mobilità sicura

Al fine della costruzione del modello conoscitivo della mobilità sicura è stato inoltre individuato, in corrispondenza di ogni caratteristica di influenza, e per ciascuno dei contesti di riferimento, il set di informazioni atto alla loro descrizione e le fonti informative più idonee. Analizzando ad esempio il caso del contesto Road, è evidente che molte delle caratteristiche del contesto strutturale sono esaustivamente descritte da informazioni ottenibili mediante dati del catasto delle strade, come riportato in Tabella 34.

	Contesto	Caratteristiche	Informazione	Risorsa informativa
Road	Structure	Geometriche	*Andamento Plano-altimetrico*	Catasto delle Strade e grafo
			Intersezioni	Catasto delle Strade e grafo
		Compositive della piattaforma	*Sezione*	Catasto delle Strade e grafo
			Opere d'arte	Catasto delle Strade e grafo
				Modelli tridimensionali opere d'arte
		Funzionale	*Funzione di protezione o separazione*	Catasto delle Strade e grafo
			Comunicazione, arredo	Catasto delle Strade e grafo
				Segnaletica
				Alberature
	Use	Traffico	*Densità spaziale*	Flussi di Traffico
			Frequenza	Flussi di Traffico
			Velocità media	Flussi di Traffico
			Composizione delle correnti	Flussi di Traffico
		Incidenti	*Localizzazione incidentali*	Schede rilevazione CTT_INC
			Tipologie incidentali	Schede rilevazione CTT_INC

Tabella 34:Analisi relazionale del contesto Road

L'analogo procedimento per i tre sottosistemi di riferimento ha condotto alla mappatura delle esigenze informative necessarie alla conoscenza di ogni fenomeno correlato al tema della mobilità sicura e alla definizione di un completo prospetto delle risorse, come riportato in Tabella 35.

In ragione delle informazioni necessarie alla descrizione dei tre aspetti considerati è stato possibile definire le informazioni che, opportunamente strutturate, costituiscono la base conoscitiva per la realizzazione del Mobility Model. Analizzando infatti le diverse caratteristiche ritenute influenti sul tema della sicurezza, e valutandone i parametri caratteristici (tema descritto, risoluzione spaziale e temporale), è stato possibile procedere alla definizione delle informazioni necessarie alla costruzione del *Road Model* e del *Road Sensing,* come riportato in Figura 85.

	Contesto	Caratteristiche	Informazione	Risorsa informativa
Landscape	Ambientale e fisico	Fisiche	*Orografia*	Carta della Copertura del Suolo
				Immagini satellitari
				Modelli Digitali della Superficie DSM, Modelli Digitali del Terreno DTM
				Ortofoto
			Geomorfologia	Carta della Copertura del Suolo
				Immagini satellitari
				Modelli Digitali della Superficie DSM, Modelli Digitali del Terreno DTM
				Carta Numerica Tecnica
				Ortofoto
			Idrografia	Reticolo Idrografico
				Carta della Copertura del Suolo
		Metereologiche	*Informazioni su eventi passati*	Archivio storico dei dati metereologici
			Informazioni in tempo reale	Dati in tempo reale Istituzionali
				Dati in tempo reale Istituzionali : centraline
				Dati in tempo reale non istituzionali
			Previsioni	Previsioni da modelli
		Idrogeologiche	*Geologia*	Carta Geologica d'Italia
			Geomorfologia	Carta della Copertura del Suolo
				Immagini satellitari
				Modelli Digitali della Superficie DSM, Modelli Digitali del Terreno DTM
				Ortofoto
			Orografia	Carta della Copertura del Suolo
				Immagini satellitari
				Modelli Digitali della Superficie DSM, Modelli Digitali del Terreno DTM
				Ortofoto
			Bacini idrografici	Reticolo Idrografico
				Carta Numerica Tecnica
				Carta della Copertura del Suolo
				Livelli Idrometrici
				Dati in tempo reale Istituzionali
				Aree esondabili e a ristagno idrico
				Piano Assetto Idrogeologico
			Fenomeni franosi	IFFI Inventario Fenomeni Franosi in Italia
				Modelli tridimensionali dei versanti
		Sismiche	*Zone sismiche*	Classificazione zone sismiche
				Storico degli eventi sismici
				Dati sismici in real time
	Territoriale antropico	Urbanistiche	*Definizione dei centri abitati e aree extraurbane*	Carta della Copertura del Suolo
				Catasto dei Terreni e dei Fabbricati
				Carta Numerica Tecnica
				Ortofoto
				Sezioni Censuarie ISTAT
				Piani Urbani
				Limiti Amministrativi
				Catasto delle Strade e grafo
				Flussi di Traffico
		Sistema della mobilita'	*Rete stradale*	Catasto delle Strade e grafo
				Carta Numerica Tecnica
			Rete ferroviaria	Grafo ferriviario
				Carta Numerica Tecnica
			Idrovie	Grafo della rete dei canali navigabili
				Carta Numerica Tecnica
			Aeroporti	Aeroporti
			Interporti	Interporti
			Mobilita' collettiva	Mobilità collettiva
Living	Servizi ed attivita'	Industriali ed economiche	*Tipologia di contesto territoriale*	Zonizzazione urbana
				Punti di interesse attività industriali
				Carta della Copertura del Suolo
			Rete stradale	Grafo stradale
		Sociali e turistiche	*Tipologia di contesto territoriale*	Zonizzazione urbana
				Punti di interesse attività sociali, culturali, turistiche
				Carta della Copertura del Suolo
			Rete stradale	Grafo stradale
			Servizi di trasporto pubblico	Rete TPL
	Persone	Opinione pubblica	*Percezione del livello di rischio*	Sistemi di ascolto su base volontaria wiki
Road	Structure	Geometriche	*Andamento Piano-altimetrico*	Catasto delle Strade e grafo
			Intersezioni	Catasto delle Strade e grafo
		Compositive della piattaforma	*Sezione*	Catasto delle Strade e grafo
			Opere d'arte	Catasto delle Strade e grafo
				Modelli tridimensionali opere d'arte
		Funzionale	*Funzione di protezione o separazione*	Catasto delle Strade e grafo
			Comunicazione, arredo	Catasto delle Strade e grafo
				Segnaletica
				Alberature
	Use	Traffico	*Densità spaziale*	Flussi di Traffico (tempo reale e storico)
			Frequenza	Flussi di Traffico (tempo reale e storico)
			Velocità media	Flussi di Traffico (tempo reale e storico)
			Composizione delle correnti	Flussi di Traffico (tempo reale e storico)
		Incidenti	*Localizzazione incidentali*	Schede rilevazione CTT_INC
			Tipologie incidentali	Schede rilevazione CTT_INC

Tabella 35:Analisi delle relazioni e delle fonti per il Road Model e Road Sensing

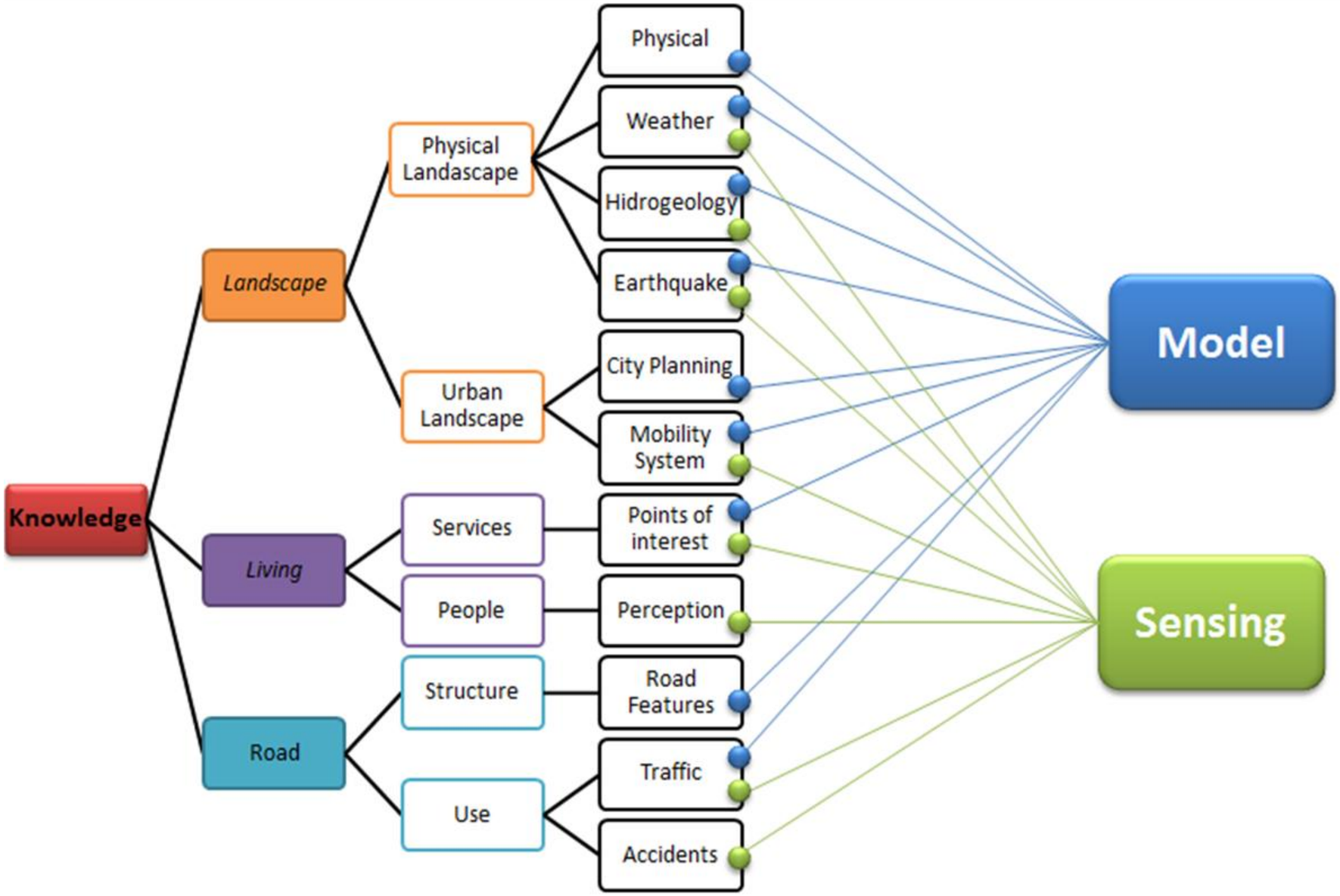


Figura 85:Connessioni tra fonti informative e modelli conoscitivi

6.4 Road Model

Il *Road Model* può essere definito come il modello conoscitivo del territorio, in relazione alla tematica della mobilità nella sua componente fisica, in grado di rappresentare gli aspetti che hanno una bassa variabilità temporale: esso descrive la realtà strutturale della mobilità, che non necessita della dimensione del tempo reale, esulando quindi dalla descrizione delle dinamiche di mobilità.

L'obiettivo del *Road Model* è quello di integrare le diverse fonti informative atte a caratterizzare completamente gli aspetti strutturali e fisici, all'interno di un approccio olistico, che va oltre lo studio dello spazio stradale, ma ne considera le relazioni e i rapporti di causalità con le altre componenti, come ad esempio i fattori ambientali ed antropici, come visto nelle precedenti fasi conoscitive. Il livello di dettaglio e il grado di approfondimento sono funzioni della finalità dell'analisi, caratteristiche che si ripercuotono sulla tipologia e il numero di strati informativi prescelti per la costruzione del modello stesso. Come già detto in precedenza le dimensioni tematica, spaziale e temporale sono le leve principali che caratterizzano il modello. E' evidente il ruolo strategico della componente tecnologica poiché consente sia l'acquisizione di nuove fonti informative, mediante l'esecuzione di nuovi rilievi funzionali alla completa rappresentazione della realtà e sia l'integrazione e la strutturazione delle fonti informative ai fini della realizzazione del *Road Model*. Generalmente esso è costituito dalle risorse informative individuate nella fase di *Analisi delle relazioni* ed *Analisi multiattoriale*, e strutturate in questo caso in 3 classi in ragione di caratteristiche comuni: Dati Telerilevati, Dati da Rilievi e Dati da Giacimenti Informativi .

6.4.1 DATI TELERILEVATI

Le diverse tipologie di dati che afferiscono a tale classe derivano da sistemi di acquisizione da remoto e abbracciano aree molto vaste; non si riferiscono alla dimensione del tempo reale, ma presentano risoluzione temporale almeno di un giorno. La fruizione di tale tipo di dato è *on demand*, ovvero la disponibilità è subordinata ad una richiesta e concessione, nel caso di dati acquisiti da piattaforme satellitari, o ad un rilievo ad hoc , nel caso di acquisizione da piattaforme aeree.

Carta della copertura del suolo

La Carta della Copertura del Suolo è stata realizzata al fine di istituire una base di riferimento per le scelte di pianificazione territoriale ed ambientale e per il controllo dell'uso del suolo (espansioni urbane, trasformazioni e cambiamento di uso del suolo), della quale diverse regioni si sono munite, tra cui la Regione Veneto. Il prodotto cartografico è caratterizzato da elevata precisione geometrica e di estremo dettaglio tematico, utile soprattutto per studi che si basano su dati tematici che richiedono elevata precisione.

Essa è una carta tematica di base di tipo vettoriale che descrive e rappresenta i diversi usi degli ambiti territoriali sulla base della classifica del Progetto CORINE Land Cover dell'Unione Europea. Il linguaggio di rappresentazione si fonda su 5 classi principali quali: Superfici artificiali, Superfici agricole utilizzate, Superfici boscate ed ambienti seminaturali, Ambiente umido, Ambiente delle acque, e si sviluppa per successivi livelli di dettaglio in funzione della scala di rappresentazione. La scala nominale di rappresentazione è pari a 1:10 000, con minima area tematica di 0.25 ettari e sistema di riferimento Gauss Boaga.

Con riferimento alla Carta di Uso del Suolo del Veneto essa rappresenta la condizione aggiornata al 2007, e deriva dall'integrazione di dati di varia natura: immagini satellitari SPOT5, bande multispettrale (10m) e pancromatica (2.5 m), con dati ancillari quali DB tele Atlas, Carta Tecnica Regionale Numerica, DEM, Carta Forestale, Grafo stradale e ortofoto, con successiva analisi mediante classificatore di immagini con approccio *object-oriented.*

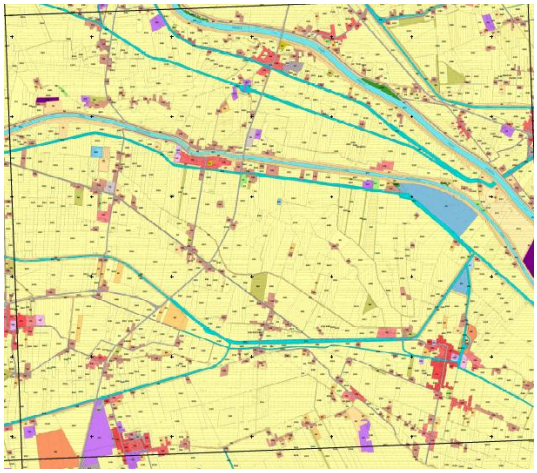


Figura 86:Carta di Copertura di Uso del Suolo, Regione Veneto [97]

Immagini da satellite

Afferiscono a questa categoria i prodotti derivanti da acquisizioni da satelliti, successivamente elaborati mediante classificatori di immagini telerilevate per l'estrazione di informazioni strutturate. Il ventaglio delle diverse piattaforme aree e satellitari e le differenti caratteristiche dei sensori consentono un'ampia scelta in termini di risoluzioni spaziali e spettrali, spingendosi ad accuratezze di a 5 cm/pixel da aereo e 50 cm/pixel da satellite, favorendone una buona diffusione come strumento operativo tra i diversi soggetti.

I dati acquisiti da piattaforme satellitari includono sia dati ottici e sia radar, acquisiti da satelliti come Quickbird, Worldview, Ikonos, Kompsat, Formosat, Spot, ERS e TerraSAR-X. Ad esempio i dati da Quickbird e Ikonos, che lavorano sia nel visibile sia nell'infrarosso vicino consentono di ottener ortoimmagini con risoluzione sub-metrica, che corrispondono alle accuratezze richieste dal Road Model. Le immagini acquisite da satellite sono sottoposte ad una fase di processing (georeferenziazione, ortorettifica, mosaicatura, bilanciamento di colori, compressione), che consente la perfetta integrazione con altre banche dati e Sistemi Informativi Territoriali.

[97] Regione Veneto, "Carta di Uso del Suolo"
http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/index?qstr=c0506021_CopSuolo&qtype=class

Figura 87:Immagine da satellite Quickbird, Porto di Ancona (2010). Unisky[98]

Modelli digitali

I modelli digitali sono strumenti innovativi indispensabili per una dettagliata caratterizzazione del territorio: a differenza delle precedenti rappresentazioni cartografiche piane introducono la possibilità di analisi tridimensionali, che agevolano la visione e la rappresentazione delle problematiche reali.

Essi consistono in reti di punti georiferiti che ricalcano le geometrie reali sui quali è possibile effettuare misurazione, ed impiegarli come base tridimensionale per l'integrazione di altre fonti di dati; essi sono tradizionalmente generati dalla restituzione cartografica di punti quotati da immagini acquisite dalle diverse piattaforme per via fotogrammetrica. La recente diffusione di sensori Laser Scanner terreste e Lidar è possibile produrre modelli tridimensionali con altissima risoluzione mediante nuvole di punti georiferite con costi molto più competitivi.

Le principali tipologie di modelli tridimensionali a vasta scala si possono ricondurre a due:

- Modelli Digitali del Terreno (DTM): essi forniscono una rappresentazione matematica del terreno e della sua morfologia, escludendo dal modello le componenti che vi sono sopra (edifici, alberi);
- Modelli Digitali delle Superfici (DSM): essi includono tutte le strutture, come gli edifici e la vegetazione, e costruendo una rappresentazione completa del territorio.

Figura 88:Modello 3D del centro storico di Feltre con laser avionico e terrestre- Unisky s.r.l.

[98] Unisky s.r.l., "Immagine da satellite o aereo"
http://www.unisky.it/i

Ortofoto

Le ortofoto sono immagini acquisite da un sensore ottico aviotrasportato, che hanno subito un processo di correzione nelle distorsioni e georiferimento, presentando una scala costante su tutta la sua estensione. Esse si presentano come una foto ma hanno le caratteristiche proprie di una mappa per la realizzazione di misure.

Le immagini, una volta acquisite, vengono sottoposte a post-processing mediante l'impiego di particolari software che ne effettuano il controllo di qualità, (geometria della copertura delle immagini acquisite, sovrapposizione laterale e longitudinale fra immagini, punti di presa), la correzione geometrica, la mosaicatura, la correzione radiometrica e il calcolo degli angoli di vista dell'immagine (azimutale e off-nadir).

Figura 89:Ortofoto di Mirano (VE) con accuratezza 5cm/pixel, Unisky s.r.l.

6.4.2 DATI DA RILIEVI

I dati acquisti con rilievi sono finalizzati a colmare delle carenze conoscitive e vengono pianificati e progettati in relazione alle specifiche esigenze. Afferiscono a tale classe i dati derivanti da piattaforme di rilievo che coprono la dimensione stradale, presentano una risoluzione temporale lontana dal tempo reale poiché finalizzate all'analisi e caratterizzazione di uno stato di riferimento al momento dell'analisi. La fruizione di tale tipo di dato è *on demand*, ovvero la disponibilità è subordinata ad un rilievo.

Alberature

Le informazioni circa la presenza di alberature in adiacenza alla sede stradale è una informazione fondamentale per eventuali problemi di visuali libere, fenomeni di mascheramento e potenziali oggetti di impatto. Conoscere la loro posizione e tipologia permette di associare loro una eventuale componente di pericolosità per la mobilità. I dati in questo caso vengono ricavati da rilievi fotografici o laser con tecnologia Mobile Mapping System e successivo post processing con appositi software di foto restituzione.

Il risultato di tale processo è la creazione di file vettoriali contenente la posizione e la tipologia dei diversi tipi vegetali caratterizzati in relazione anche alla dimensione di fusto, altezza e ingombro della chioma, ai fini della valutazione della loro incidenza sulla sicurezza.

Flussi di traffico

Le informazioni circa la distribuzione dei flussi di traffico sulla rete stradale sono fondamentali per la classificazione dei livelli di servizio e la valutazione dell'idoneità della sezione stradale ai fini della sicurezza. La disponibilità dei rilievi è subordinata all'esigenza espressa dagli enti

gestori di conoscere parametri rappresentativi delle condizioni di esercizio dell'infrastruttura, quali ad esempio:

- *Traffico Giornaliero Medio*: numero di veicoli transitanti per una sezione mediamente in un giorno;
- *Densità*: numero di veicoli al km;
- *Capacità*: massimo numero transitante nella sezione per l'unità di tempo;
- *Livelli di servizio*: parametro che caratterizza il livello di comfort e sicurezza delle condizioni di marcia veicolare.

Generalmente i rilievi vengono condotti per periodi di tempo superiore ad una settimana, ripetuti almeno due volte l'anno, in corrispondenza di più sezioni per ogni arteria. Ad oggi le modalità manuali sono state quali totalmente sostituite da sensori montati a bordo strada che rilevano automaticamente i movimenti dei veicoli in transito, soprattutto per quanto concerne la rete primaria e secondaria. Essi provvedono al conteggio, classificazione e stima della velocità dei veicoli transitanti e al distacco con i mezzi limitrofi. Le tecnologie su cui tali dispositivi solitamente si basano sono ultrasuoni, doppler, radar, telecamere, magnetometri.

Modelli elementi stradali e ambientali

I modelli tridimensionali del territorio acquisiti da terra consentono di avere una ricostruzione dell'ambiente stradale e limitrofo estremamente realistica a aderente alla visione dell'utente alla guida, proprio per la prospettiva da cui vengono effettuate. Tali modelli sono costituiti da nuvole di punti georiferiti che producono una ricostruzione tridimensionale geometrica dell'ambiente reale, caratterizzata da accuratezza certificata sub centimetrica, dalle quali è possibile dedurre le informazioni atte a caratterizzare l'elemento oggetto di studio, sia esso parte dell'ambiente stradale, opere d'arte, barriere, gallerie, o siano essi elementi naturali come versanti e fronti di roccia. Il prodotto dell'analisi consiste in modelli digitali, dai quali generare file vettoriali e raster ai fini dell'analisi di dettaglio, e integrabili con altre fonti informative.

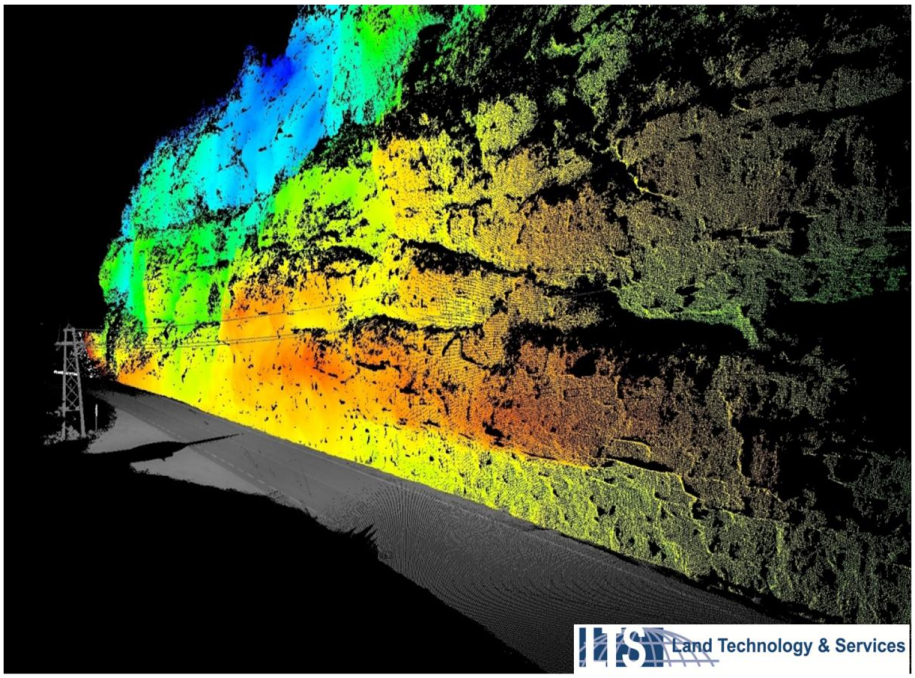


Figura 90:Modello tridimensionale laser scanner cinematico-SR203 Agordina (BL), Viamont[99]

[99] Viamont, http://www.didatticaericercasit.it/viamont/web/

Figura 91:Modello tridimensionale laser scanner cinematico - LTS s.r.l.[100]

Segnaletica

I dati relativi alla segnaletica stradale verticale ed orizzontale, sono fondamentali per comprendere l'aspetto comunicativo classico trasferito dalla strada all'utente, al fine di indirizzarlo verso una corretta condotta di guida. Le informazioni circa tali pertinenze sono deducibili da repertori di immagini georiferite acquisite da strumentazione Mobile Mapping System, con apposita elaborazione fotogrammetrica, con la possibilità di disporre della posizione del sostegno, la tipologia di segnale e la distanza dal bordo carreggiata. Il prodotto è un file vettoriale contenente informazioni georiferite; è' inoltre possibile effettuare delle valutazioni qualitative sullo stato manutentivo e sulla coerenza dei messaggi in relazione alla tematica della sicurezza stradale.

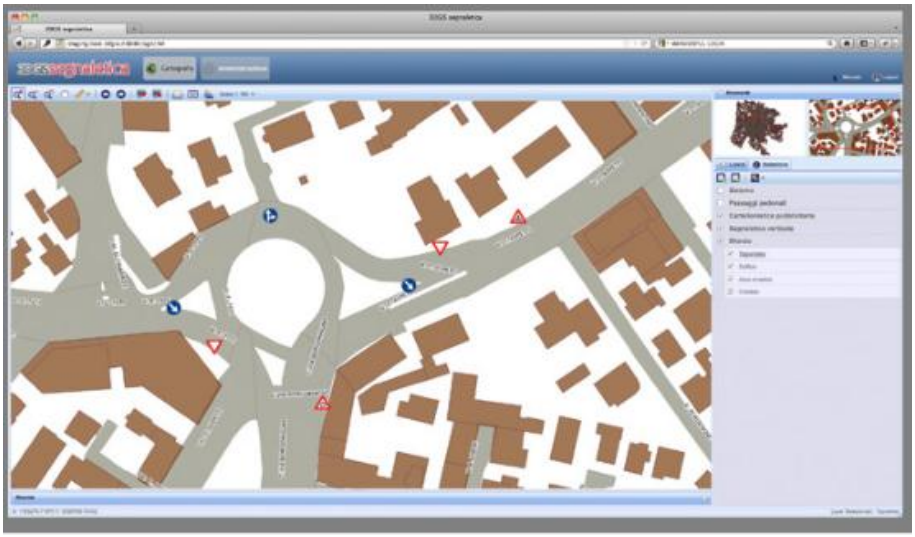


Figura 92:Sistema di gestione della segnaletica stradale- 3DGIS[101]

[100] LTS s.r.l.- Land Techology & Services, http://www.ltsht.com/index.php
[101] 3dGIS, http://www.3dgis.it/files/segnaletica-it.pdf

6.4.3 DATI DA GIACIMENTI INFORMATIVI

I giacimenti informativi sono riconducibili alle banche dati e al patrimonio informativo proprietà delle amministrazioni pubbliche e soggetti privati, i quali si occupano del loro aggiornamento ed elaborazione, ai fini delle attività gestionali e lavorative di propria competenza.

Aree sondabili e a ristagno idrico

La conoscenza delle caratteristiche e della posizione di aree sondabili è importante in relazione a fenomeni di natura idrogeologica: esse sono destinate ad accogliere i volumi d'acqua dei corsi eccedenti i livelli di soglia massima in corrispondenza di particolari condizioni meteo climatiche, al fine di non compromettere il normale deflusso in aree urbane. Le aree a ristagno idrico consistono in zone in cui, a seguito di fenomeni meteorologici, o apporti da falda, i liquidi ristagnano sulla superficie, rappresentando punti potenzialmente critici per la mobilità, soprattutto in condizioni di bassa temperatura, con possibilità di ghiaccio Generalmente tale dato è parte integrante dei quadri conoscitivi a supporto dei Piani di Coordinamento Territoriali, fornito sotto forma di file vettoriali. Ai fini della sicurezza ella mobilità è fondamentale valutare la prossimità di tali aree con arterie strategiche e particolarmente trafficate.

Catasto dei terreni e dei fabbricati

Il sistema del Catasto dei terreni e dei fabbricati è la rappresentazione cartografica degli edifici e dei lotti organizzati secondo le scelte di pianificazione. In particolare il Catasto dei terreni rappresenta il censimento delle particelle catastali presenti sul territorio nazionale, contente informazioni relative a :

- superficie;
- ditta intestataria;
- caratteristiche economiche (tipo di coltura e livelli di redditività che fornisce).

Il Catasto dei Fabbricati rappresenta l'inventario dei beni immobili presenti sul territorio, e contiene informazioni relative a :

- individuazione univoca del bene;
- sua estensione e consistenza;
- destinazione d'uso del bene;
- grado di produttività e relativi redditi;
- possessori e titolari di altri diritti reali

Esso è formato da fogli di mappa a scala di 1:2000, proprio ai fini della loro integrazione con altri strati informativi.

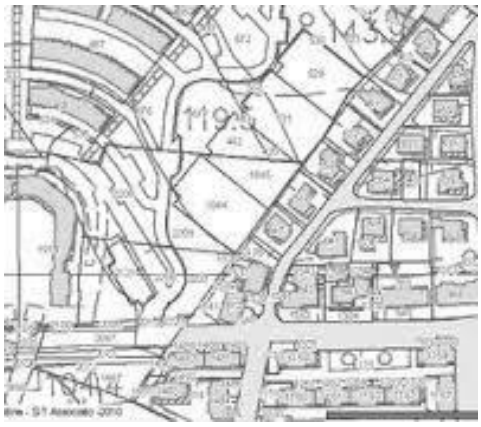


Figura 93:Catasto dei terreni e dei fabbricati

Tali dati sono generalmente disponibili sotto forma di cartografie o file vettoriali e gestiti dagli Enti territoriali.

Carta Tecnica Regionale Numerica

La Carta Tecnica Regionale Numerica è il frutto dell'integrazione di dati territoriali espressi in forma numerica, rappresentati in forma grafica, aggiornabili ed elaborabili per compiere analisi a supporto di processi di gestione del territorio. Gli oggetti e le informazioni territoriali contenute nella Carta, acquisiti in forma vettoriale, sono organizzati in Livelli e Codici tali da poterli rendere idonei per la classificazione e descrizione dei contenuti informativi dei database vettoriali. Nel dettaglio essa consente la gestione degli oggetti e delle informazioni rappresentati secondo 16 livelli principali, 12 livelli di servizio e 6 livelli funzionali per la gestione informatica dei grafi (assi e nodi di viabilità, idrografia e ferrovia), con la codifica di 480 oggetti ed informazioni. L'elaborato è stato costruito principalmente sulla base di un rilievo aerofotogrammetrico; il sistema di riferimento è Gauss-Boaga, la cartografia riporta anche i riferimenti geografici e le coordinate del sistema UTM; le scale di rappresentazione adottate sono la scala 1:5000 per la quasi totalità del territorio regionale e la scala 1:10000 per le zone montane scarsamente urbanizzate. La carta tecnica viene fornita come file vettoriali (.shp o .dxf).

Figura 94:Carta Tecnica Numerica Regionale Veneto

Piano di Assetto Idrogeologico PAI

Nell'ambito degli strumenti di tutela per il rischio idrogeologico, il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) ha come obiettivo l'assetto del bacino che minimizzi i possibili danni in caso di eventi critici, formando così un quadro conoscitivo di riferimento e di criteri in grado di garantire la sicurezza delle popolazioni, degli insediamenti e delle infrastrutture.

Il Piano rappresenta uno strumento fondamentale per la pianificazione territoriale, individuando i meccanismi di azione, l'intensità, la localizzazione dei fenomeni estremi e la loro interazione con il territorio classificati in livelli di pericolosità e di rischio (Autorità di Bacino Fiume Tevere, 2013).

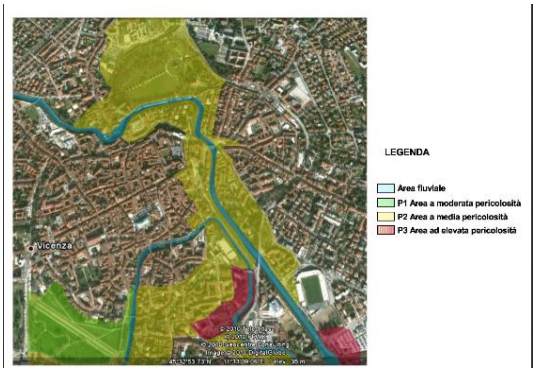


Figura 95: PAI del centro storico di Vicenza, Studio progettazione Dellai[102]

Esso infatti classifica i territori in funzione delle condizioni di pericolosità idraulica e delle classi del conseguente rischio, valutato sulla base della vulnerabilità del territorio; il Piano classifica le aree pericolose secondo le seguenti condizioni di pericolosità idraulica: P1 – moderata, P2 – media, P3 – elevata; mentre ai fini dell'individuazione delle priorità di attuazione degli interventi il Piano classifica le aree a rischio secondo le classi di rischio idraulico di cui al D.P.C.M. 29 settembre 1998: R1 – moderato, R2 – medio; R3 – elevato; R4 – molto elevato.

Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia

L'inventario IFFI è costituito da una banca dati relativa alla gestione di tutte le frane presenti sul territorio nazionale, utile per fini di pianificazione e prevenzione. Essa è costituita da una banca dati composta da cartografia georeferenziata dei poligoni, linee e punti di frana controllati sia sulla CTR in scala 1:10.000 (sistema di riferimento Gauss-Boaga – Roma 40) sia sulle carte topografiche IGM in scala 1:25.000 (sistema di riferimento UTM 32N – ED50), e da un database che contiene le informazioni di dettaglio relative a ciascuna frana. La localizzazione di teli eventi è fondamentale perle interazioni che esse possono far registrare con la viabilità, fino all'inagibilità degli itinerari.

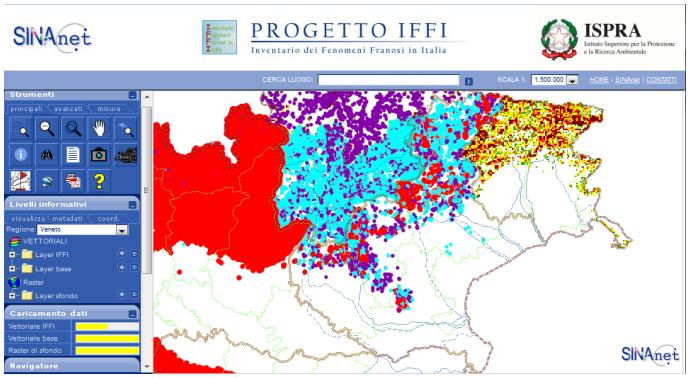


Figura 96: Sistema informativo dell'IFFI- ISPRA[103]

Carta Geologica

La Carta Geologica è una rappresentazione sintetica della cartografia geologica del territorio italiano disponibile e pubblicata negli ultimi anni, e, soprattutto, di quella resa disponibile dal Progetto di cartografia geologica nazionale alla scala 1:50.000 (Progetto CARG). La legenda è stata strutturata in modo da rappresentare tutti i dati ritenuti essenziali per la caratterizzazione

[102] Studio di Progettazione Dellai, Fonte sito web: http://www.dellai-aedis.com/
[103] ISPRA, Progetto IFFI, Fonte sito web: http://193.206.192.136/cartanetiffi/carto3.asp?cat=47&lang=IT#

stratigrafica delle rocce e per la ricostruzione degli ambienti deposizionali nonché per evidenziare i principali eventi geodinamici. La conoscenza di tali elementi è fondamentale soprattutto per gli aspetti strutturali e manutentive.

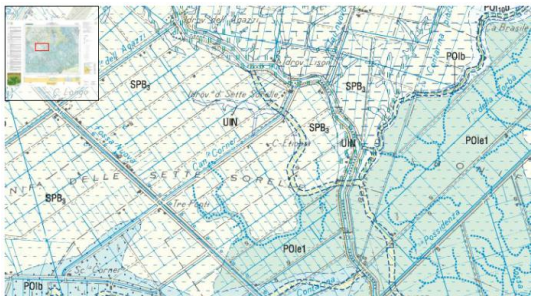


Figura 97: Carta Geologica Regione Veneto

Zone sismiche

Frutto degli studi di pericolosità sismica sono mappe di zonizzazione che valutano il territorio italiano in relazione alla frequenza e all'intensità di fenomeni passati. Esse rappresentano l'accelerazione di picco attesa caratteristica dell'area in caso di evento e si basano sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. Ai fini della valutazione del rischio sismico si rende necessario definire i tronchi stradali la cui esposizione è maggiore secondo i criteri precedentemente definiti e valutare la presenza di eventuali punti singolari (ponti, viadotti, gallerie) che possano compromettere, più di altri, la percorribilità dell'infrastruttura e il livello di sicurezza comunque garantito agli utenti.

Zona sismica	*Fenomeni riscontrati*	*Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni*
1	Zona con pericolosità sismica **alta**. Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0{,}25g$
2	Zona con pericolosità sismica **media**, dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0{,}15 \leq a_g < 0{,}25g$
3	Zona con pericolosità sismica **bassa**, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0{,}05 \leq a_g < 0{,}15g$
4	Zona con pericolosità sismica **molto bassa**. E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0{,}05g$

Tabella 36: Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)

Le fonti disponibili sul web sono :

- Classificazione sismica dei comuni italiani 2012 [104]per comune (.xls) disponibile sul sito web delle Protezione civile ;
- Mappa classificazione sismica [105]2012 , disponibile sul sito web delle Protezione civile;
- Mappa interattiva Ingv [106].

[104] Classificazione sismica dei comuni, Fonte sito web:
http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp
[105] Mappa classificazione sismica, Fonte sito web:
http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp
[106] Mappa interattiva Ingv, Fonte sito web
http://esse1-gis.mi.ingv.it/

Mediante la rete dei sismografi nazionali gestiti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, è possibile disporre dello storico degli eventi sismici avvenuti in tutto il Paese. Attualmente la rete dispone di circa 300 sensori, che inviano in tempo reali i dati alle centrali di elaborazione. Essi rivelano le accelerazioni che il terremoto trasmetto al terreno. I dati di macrosismi sono disponibili sotto forma di banche dati presso il sito dell'INGV.

Livelli idrometrici serie storiche

I dati idrometrici rappresentano l'andamento dei livelli dei corsi d'acqua acquisiti da una rete di stazioni diffusa sul territorio. Il compito è solitamente affidato alle ARPA, Agenzia Regionale per la prevenzione e Protezione Ambientale, che mette a disposizione i dati in serie storiche in formati tabellari, tuttavia georiferibili poiché sono note le posizioni delle stazioni di rilievo.

Piani Urbani e Zonizzazione urbana

I Piani sono strumenti fondamentali all'urbanistica per la gestione del territorio, poiché studiano e programmano le strategie future per la città, oltre che occuparsi delle politiche, delle normative tecniche e legislative, allo scopo di migliorare la qualità della vita. Propedeutici alla loro realizzazione è la creazione di approfonditi quadri conoscitivi in grado di descrivere lo stato dell'arte del territori sotto i diversi punti di vista e con l'obiettivo di tracciare i contorni di sviluppi e tendenze future. Tali strumenti sono generalmente formati da una parte testuale descrittiva e una struttura dati connessa, di proprietà dell'Ente territoriale di riferimento.

Sezioni Censuarie

Sono fornite dall'ISTAT[107] sotto forma di file vettoriali o tabellare e riportano i risultati dell'ultimo censimento disponibile, in cui compaiono i valori della popolazione residente sul territorio, ripartito nelle diverse sezioni.

Limiti amministrativi

I limiti amministrativi rappresentano la perimetrazione dei confini dei territori sottoposti ai diversi enti territoriali. Tali informazioni sono reperibili in formato vettoriale sui siti degli Enti territoriali, Portali Cartografici o Geoportali e dall'ISTAT. Tali dati sono fondamentali per l'aspetto gestionale della rete.

Catasto delle Strade

Il Catasto delle Strade è l'inventario di tutte le strade che formano una rete di trasporto, riportandone sottoforma di struttura di dati attraverso elementi ed attributi, tutte le caratteristiche geometriche e di arredo funzionale che le compongono. La struttura di questo strumento è regolata dal Decreto di riferimento in materia di Catasto delle strade (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2001 a) che sancisce l'obbligo della sua realizzazione agli Enti possessori o preposti alla gestione delle strade. La disponibilità dei dati è discrezionale del possessore del dato; esso è senza dubbio uno strato informativo fondamentale per i sistemi informativi territoriali riguardanti la mobilità e la sicurezza stradale e i sistemi di gestione dell'infrastruttura. Tali sistemi si alimentano con dati georiferiti provenienti da rilievi con sistemi Mobile Mapping System. L'importanza di questo dato è fondamentale per l'analisi delle caratteristiche strutturali proprie della strada.

[107] Sezioni censuarie ISTAT, Fonte sito web: ISTAT, http://www.istat.it/it/archivio/104317

Grafo Stradale

Il grafo stradale è una rappresentazione della rete stradale mediante elementi e nodi, che modellano la reale configurazione della strada. Esso è lo strato informativo di base per il Catasto delle strade, rappresentando l'andamento dell'asse e la presenza delle intersezioni. Tale strumento è fondamentale ai fini della realizzazione di analisi circa la mobilità la gestione dei trasporti, e la sua disponibilità è legata alle politiche di gestione del dato dell'Ente gestore che lo detiene, generalmente è fornito come file vettoriale.

Grafo Ferroviario

Il grafo ferroviario è la rappresentazione della linea ferroviaria nelle sue caratteristiche basilari, reso sotto forma di file vettoriale, e integrato nei quadri conoscitivi a supporto dei processi di pianificazione.

Grafo Idrovie

Rappresenta la rappresentazione delle idrovie , ovvero dei canali navigabili, naturali o artificiali, che attraversano il territorio e ne consentono la connessione. Esso è generalmente fornito come file vettoriale ed è parte della struttura dei quadri di conoscenza a supporto di processi di pianificazione.

Mobilità collettiva

I sistemi di mobilità collettiva riguardano l'intera rete del trasporto pubblico, servizi di bike sharing o car sharing che contribuiscono a creare una rete di trasporti alternativi al mezzo privato. Le informazioni riguardo a tali servizi sono prettamente legati alle politiche del soggetto che li gestisce, talvolta con problemi di frammentazione delle informazioni. Tuttavia informazioni fondamentali come la localizzazione delle fermate dei trasporti pubblici sono presenti nei quadri conoscitivi di base a supporto dei processi di pianificazione, catasto strade , mentre per quanto riguarda i sistemi collettivi generalmente i dati provengono da iniziative private o dai cittadini stessi .

Point Of Interest

I punti di interesse sul territorio possono essere molteplici: culturali, turistici, industriali ed economici. Generalmente sono censiti dall'ente gestore del territorio poiché legati a fenomeni di urbanizzazione pianificazione, oppure possono provenire da meccanismi spontanei da parte dei cittadini, soprattutto per le attività a carattere ricreativo . Essi sono censiti su file vettoriali formato shape.

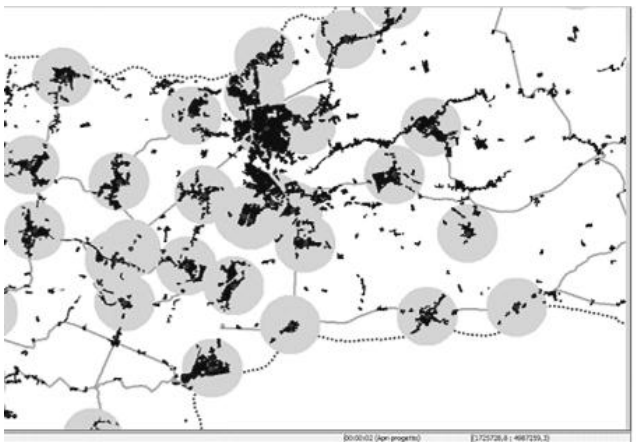


Tabella 37:Punti di interesse e relativa influenza

Incidenti

La principale fonte dei dati di incidentalità è rappresentata dal modello Istat CTT/INC compilato dalle Forze dell'Ordine in occasione di un incidente stradale con lesioni gravi. Il modello, oltre a riportare elementi descrittivi della dinamica incidentale, delle caratteristiche infrastrutturali e dei veicoli ed utenti coinvolti, contiene informazioni riguardanti le condizioni meteorologiche e le condizioni della pavimentazione, che coerentemente con i riferimenti teorici precedentemente citati, rappresentano i fattori di maggiore influenza sull'innesco di situazioni incidentali.

I dati incidentali sono fondamentali per l'individuazione dei punti critici per la mobilità, in relazione alla loro distribuzione e alle loro caratteristiche. I dati ad essi relativi ad oggi non sono disponibili, ma sono detenuti dagli Enti Territoriali e ISTAT[108], la quale produce annualmente report le cui informazioni sono molto aggregate; recentemente lo stesso Istituto ha reso fruibili online alcuni strati informativi relativi all'incidentalità, ma aggregate a livello comunale, che tuttavia risultano sufficienti solo per analisi a livelli macroscopici.

Flussi di traffico serie storica

Disporre delle serie storiche dei dati di traffico è utile alla definizione di parametri caratteristici delle condizioni in esercizio dell'infrastruttura, ad esempio il Traffico Giornaliero Medio, il Tasso di incidentalità e la distribuzione delle Velocità. Conoscere tali dati consente di valutare l'adeguatezza e l'evoluzione nel tempo delle abitudini di mobilità degli utenti, così da poter valutare l'adeguatezza delle strutture. Tali dati sono generalmente acquisiti per scopi di monitoraggio da parte degli Enti gestori della strada, i quali utilizzano sia metodi differenti (spire magnetiche, sensori radar, sonar , telecamere).

6.5 Road Sensing

Il *Road Sensing*, inteso come declinazione all'ambiente stradale del *City Sensing*, offre la possibilità di descrivere gli aspetti dinamici della mobilità, attraverso integrazione di set di dati eterogenei per origine, poiché acquisiti mediante modalità diverse (reti di sensori e processi partecipativi su base collaborativa), operando a scale territoriali variabili e risoluzione temporale prossima al *real time*.

Se il *Road Model* crea un modello fisico che descrivere la realtà fisica e strutturale dello spazio stradale, caratterizzato da bassa variabilità temporale e alta densità informativa, il *Sensing* coglie la variabilità del movimento e dei fattori ambientali ed antropici che agiscono in una dimensione temporale altamente variabile, per i quali è necessario disporre di reti di monitoraggio diffuso e pervasivo.

6.5.1 SENSORI

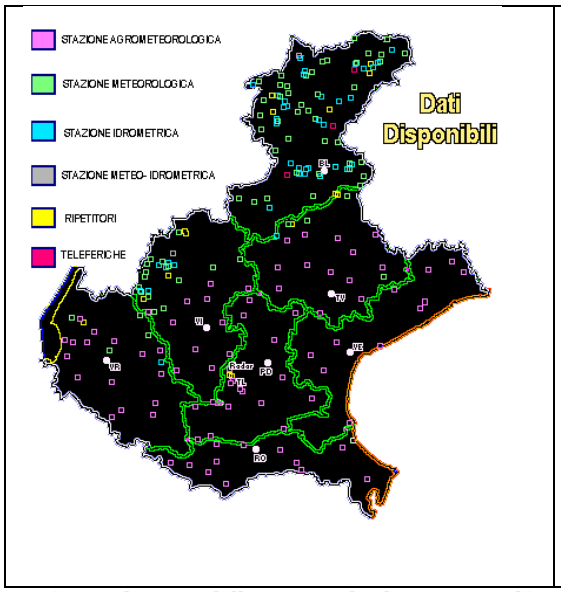
I cluster di sensori sul territorio per analisi di dinamiche territoriali anche in tempo reale hanno lo scopo di enfatizzare la fusione di dati che provengono da basi informative diverse, anche a carattere istituzionale e non. La realizzazione di una rete di dispositivi collocati sull'infrastruttura da monitorare permette di ricostruire le caratteristiche dei flussi di traffico, anche in termini di composizione delle flotte e determinare la variazione di alcuni parametri ambientali (l'inquinamento acustico, la presenza di polveri e gas), direttamente correlabili con una forte presenza veicolare.

[108] I.stat, http://dati.istat.it/

Meteo real time

Disporre di dati meteo in tempo reale consente di prevedere condizioni che possono alterare le normali condizioni di deflusso delle correnti di traffico, informare le utenze e mettere in atto speciali provvedimenti mirati alla riduzione di comportanti errati legati a tali condizioni o ridurre l'esposizione orientando la domanda di mobilità.

I flussi di dati possono provenire sia da fonti istituzionali, quali ad esempio i dati dell'ARPA attraverso la sua rete di centraline di monitoraggio diffuse sul territorio regionale, della Protezione Civile attraverso dati radar, o essere frutto di altri soggetti non istituzionali, legati ad esempio alla realtà delle community. Al fine di comprendere l'influenza di tale fattore sul tema della sicurezza stradale è possibile risalire alle condizioni meteo presenti nei territori attraversati dall'infrastruttura analizzata a partire dal posizionamento della stazione di rilievo, ed assegnando ad essa un'area d'influenza, così da caratterizzare la condizione meteorologica a ridosso dell'infrastruttura sulla base dei parametri misurati; se ad esempio si considera una stazione ARPAV[109] è possibile disporre dei seguenti dati: temperatura dell'aria, presenza di precipitazioni espressa in altezza di pioggia [110]in millimetri all'ora, umidità relativa, radiazione globale, bagnatura fogliare. La Figura 98 rappresenta un esempi odi tracciato record della centralina ARPAV.



Data (gg/mm/aa)	Temp. aria a 2m (°C)			Pioggia (mm)	Umidità rel. a 2m (%)		Radiazione globale (MJ/m²)	Bagnatura fogliare (% di tempo)
	med	min	max	tot	min	max	tot	tot
15/10/13	13.6	11.2	16.9	0.2	76	100	6.878	76
16/10/13	15.1	11.5	20.5	0.0	58	100	14.340	66
17/10/13	14.4	9.9	21.2	0.2	43	100	12.451	68
18/10/13	13.0	8.9	19.6	0.2	65	100	8.943	81
19/10/13	14.9	11.3	18.7	0.0	71	100	6.150	76
20/10/13	16.3	14.5	19.2	31.8	79	100	5.102	74
21/10/13	15.7	14.3	17.9	0.0	91	100	3.904	52
22/10/13	16.6	14.8	18.5	0.0	86	100	5.360	36
23/10/13	17.4	15.4	19.9	3.2	89	100	5.648	54
24/10/13	17.7	14.8	21.2	14.6	76	100	8.322	60
25/10/13	16.2	13.9	20.4	0.2	71	100	7.123	71
26/10/13	16.5	13.9	20.3	0.2	73	100	5.416	63
27/10/13	16.0	13.7	19.3	0.2	94	100	5.811	67
28/10/13	17.8	14.6	23.6	0.2	64	100	9.276	71
29/10/13	17.7	14.6	22.0	0.2	71	100	6.307	59
30/10/13	17.5	15.1	20.5	0.0	78	100	6.414	26
31/10/13	14.3	10.1	17.9	0.0	54	100	11.115	21
01/11/13	12.8	7.6	19.4	0.0	51	100	10.424	71
02/11/13	13.7	11.0	15.9	0.0	86	100	3.960	74
03/11/13	14.8	11.1	20.8	0.0	63	100	7.424	71
04/11/13	13.0	10.6	15.8	5.6	81	100	4.588	94
05/11/13	12.8	9.2	16.0	3.8	73	100	9.213	68
06/11/13	11.4	7.2	17.0	0.2	65	100	8.924	77

Figura 98: a) Distribuzione delle stazioni di rilievo ARPAV; b)Esempio di tracciato record di una centralina di rilevamento meteo ARPAV

Fonti non istituzionali per l'acquisizione di dati meteo diffusi sul territorio , sono riconducibili a realtà di matrice bottom up, organizzate in community, le quali condividono e rendono disponibili i dati meteo acquisiti dai loro dispositivi. Un esempio è il Meteonetwork[111], i cui utenti rendono disponibili sia dati in tempo reale e sia storici in formato tabellare, come riportato in Figura 99.

[109] ARPAV è l'agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione Ambientale in Veneto.
[110] Altezza di pioggia si misura in mm e rappresenta l'unità di misura utilizzata per quantificare il volume di pioggia caduto in una località. Si consideri che 1mm di altezza di pioggia corrisponde a 1 litro di acqua caduto su una superficie di un metro quadro . *(Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera c, 2013g)*
[111] Meteonetwork, http://www.meteonetwork.it/rete/livemap/

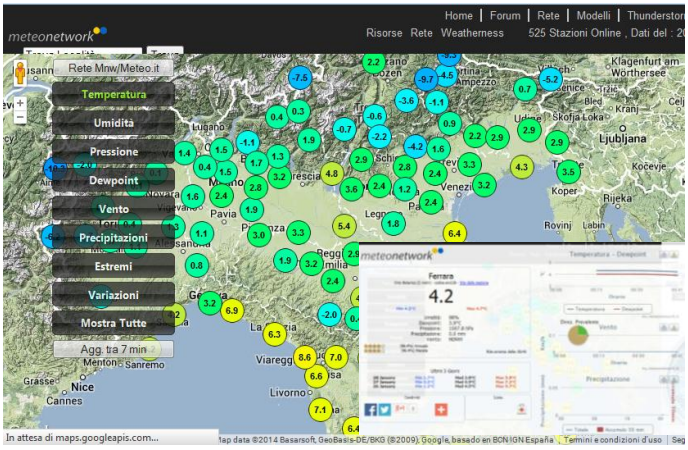
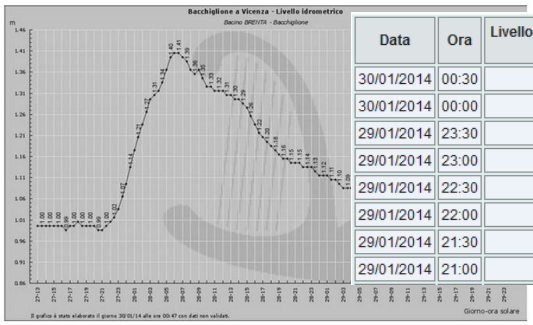


Figura 99:Meteonetwork, esempio di dati in real time da community, Meteonetwork

Livelli idrometrici real time

Il rischio idrogeologico ha rappresentato negli ultimi anni, una causa frequente di calamità nel nostro paese, condizione che ha fatto fiorire sistemi di rilievo dei parametri di riferimento in tempo reale. Un esempio è dato dal sistema dell'ARPAV per il monitoraggio dei livelli idrometrici dei fiumi. Disporre di tali informazioni consente di mettere in atto adeguate strategie preventive in fase di pre-emergenza. I dati disponibili sono sotto forma tabellare e disponibili sul sito dell'ARPAV.



Data	Ora	Livello idrometrico (m)
30/01/2014	00:30	1.03
30/01/2014	00:00	1.02
29/01/2014	23:30	1.01
29/01/2014	23:00	1.00
29/01/2014	22:30	1.00
29/01/2014	22:00	0.98
29/01/2014	21:30	0.95
29/01/2014	21:00	0.92

Figura 100: Dati idrometrici in tempo reale del Bacchiglione , ARPAV(VI)

Flussi di traffico real time

Avere la disponibilità dei dati di traffico in tempo reale consente una corretta gestione delle infrastrutture e di offrire migliori standard di comfort e sicurezza: attraverso servizi di infomobility i soggetti gestori della rete possono contribuire ad orientare la scelta degli itinerari su arterie alternative in caso di congestioni, mentre gli utenti possono variare le loro scelte di viaggio in relazione alle informazioni che ricevono, e adattare i loro comportamenti alle condizioni dei flussi, senza tuttavia trovarsi impreparati.

I dati di traffico possono avere origine istituzionale, come quelli provenienti da Enti gestori delle infrastrutture(Anas, autostrade per l'Italia, come riportato in Figura 6.31) o da sistemi di stampo Wiki, come ad esempio l'applicazione mobile di supporto alla navigazione *Waze*, riportata in Figura 101, che consente di segnalare diversi tematismi e renderli disponibili agli altri utenti, oltre alla funzione di condivisione della posizione e conseguente calcolo della congestione.

• Traffico in tempo reale da Autostrade per l'Italia[112]	• Dati di traffico in tempo reale da community "Waze[113]"

Figura 101: Esempio di dati di traffico in tempo reale

Sisma in tempo reale

La disponibilità di dati relativi ad eventi sismici in tempo reale consente l'attuazione delle misure di emergenza in tempi brevi: in relazione alla mobilità consente di organizzare itinerari strategici e vie per gli eventuali soccorsi. I dati sismici in tempo reale in Italia sono frutto del monitoraggio realizzato dall' Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per la Protezione Civile Nazionale attraverso stazioni sismografiche presenti con una buona densità in territorio nazionale, incrementata negli anni, come riportato in Figura 102.

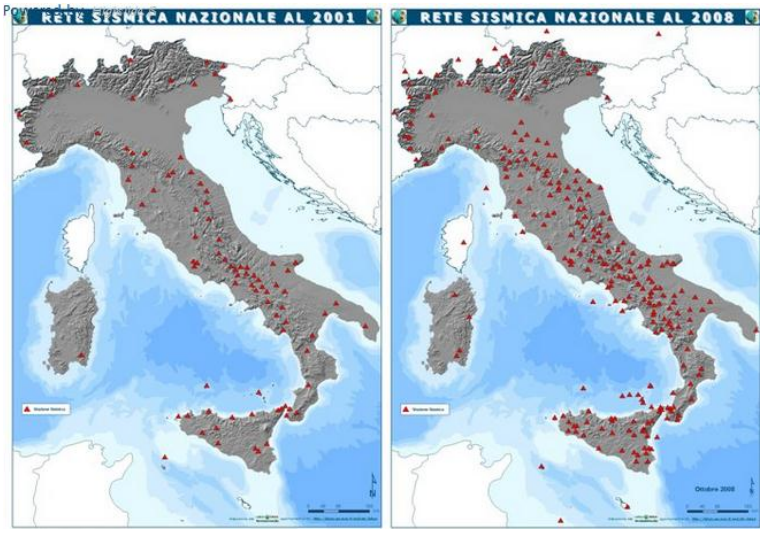


Figura 102: Distribuzione della rete sismica nazionale, INGV

I dati registrati dalle stazioni, più di 300, diffuse sul territorio sono trasmessi, per via satellitare, direttamente ai centri di acquisizione di Roma, Grottaminarda e Catania e alle relative sale operative, contribuendo così attivamente al monitoraggio sismico del territorio nazionale.

[112] Autostrade per l'Italia, http://www.autostrade.it/autostrade-gis/gis.do
[113] Waze è un'applicazione orientata al crowdsoursing sui temi della mobilità. https://www.waze.com/it/

6.5.2 WIKI

I sistemi collaborativi consentono agli utenti di esprimere il loro punto di vista circa la tematica in atto, contribuendo all'alimentazione del sistema con flussi dati continui, rendendoli sensori attivi sul territorio. Il contesto di riferimento a cui questi strumenti afferiscono è quello del web 2.0 e del geo-web, che hanno ultimamente favorito la diffusione di applicazioni che possono essere viste come nuovi canali di dialogo tra cittadini e istituzioni con riferimento alle problematiche della città, del territorio e dell'ambiente. Portali web su base geografica integrano funzioni di geotagging, applicazioni mobile consentono di inviare e ricevere informazioni circa le condizioni di mobilità, così da creare un sistema di flussi bidirezionali da e verso le utenze.

Forum e geotagging

Appositi forum o geoblog su tematiche inerenti la mobilità sicura possono contribuire ad evidenziare problematiche localizzate sulla rete stradale, dando voce agli utenti in grado così di segnalare criticità osservate , mediante strumenti di tagging. Tali strumenti possono essere efficaci nell'ottica della costruzione cooperativa di soluzioni a problematiche evidenti espresse sia dal quadro conoscitivo sia dalla partecipazione degli utenti web.

Geoblog

Sistema di segnalazione

Figura 103 : Geoblog e sistema di segnalazione per il sistema Sicuri sulle Strade

Applicazioni mobile

Le applicazioni sono diventati strumenti diffusissimi per l'erogazione di servizi su base geografica, poiché consentono, mediante i servizi di localizzazione, sia di segnalare la posizione e la tipologia di anomalie e criticità riscontrate sulla rete e sia di condividere informazioni circa la loro posizione velocità, mediante dati da GPS, per stime sui volumi di traffico circolante.

6.6 Tecnologie per il Road Model

Il *Road Model* è la rappresentazione della dimensione fisica della mobilità: l'infrastruttura nelle sue componenti strutturali e l'ambiente circostante vengono descritti nei loro caratteri significativi attraverso l'integrazione di fonti informative diverse, omogenee per dimensione temporale ed atte a cogliere tutti gli aspetti che a vario titolo possono incidere sulla mobilità sicura. Legata alla molteplicità dei fattori considerati emerge la necessità di disporre di una base di dati completa, atta a cogliere la molteplicità degli aspetti informativi legati alla dimensione del contesto stradale: aspetti strutturali e funzionali necessitano di essere indagati per corrispondere alla esigenza conoscitiva legata all'individuazione dei fattori di rischio d'incidentalità.

L'innovazione tecnologica mette a disposizione una serie di piattaforme per l'acquisizione di dati georiferiti in grado di cogliere, alla dimensione spaziale della rete stradale e con adeguata

accuratezza metrologica ed elevata produttività, tutti gli aspetti necessari per la completa descrizione della strada. I Mobile Mapping System rappresentano il segmento di rilievo territoriale più diffuso ai fini dell'indagine delle caratteristiche stradali: la sua diffusione è legata all'obbligatorietà, da parte degli Enti preposti alla gestione delle infrastrutture, di dotarsi di un Catasto delle Strade, introdotto in Italia con apposita normativa nel 2001(Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2001 a). A partire da tale momento i Mobile Mapping System sono diventati validi strumenti per l'acquisizione di banche di dati georiferiti, caratterizzati da elevata modularità nell'architettura sensoriale, requisito che consente di corrispondere al meglio alle esigenze conoscitive alla base della progettazione del rilievo. Il punto di forza di tale nuovo paradigma risiede nella densità informativa ottenibile atta a soddisfare molteplici domande informative. Per raggiungere tale scopo è basilare una stretta integrazione di dati e tecnologie, capaci di dettagli e scale di acquisizione complementari

6.6.1 MOBILE MAPPING SYSTEM

Ricadono nella categoria dei Mobile Mapping System i veicoli stradali attrezzati, che consentono di acquisire serie di fotogrammi georiferiti della rete stradale percorsa, finalizzati alla successiva elaborazione fotogrammetrica per l'estrazione degli elementi atti a definire le caratteristiche fisiche dell'infrastruttura. Questa tecnologia costituisce l'evoluzione delle tradizionali metodologie di rilievo sul campo e della produzione cartografica tematica, coniugando elevata produttività con minime turbative alle correnti di traffico.

La caratteristica principale del sistema è quella fondere dati di posizione acquisiti istantaneamente dalla componente traiettografica al dataset di dati raccolti attraverso i diversi sensori di cui è dotato al fine del popolamento di dati geografiche e alla creazione di livelli informativi tematici a seguito di restituzione a video.

L'architettura sensoriale che compone la configurazione base del veicolo ad alto rendimento prevede :

- Sottosistema traiettografico: principalmente composto da un ricevitore (D)GPS semplice o con correzione differenziale, integrato con un sistema inerziale (IMU) e un odometro di precisione;
- Sottosistema video: costituito principalmente da camere digitali metriche e fotocamere HD o telecamere;
- Apparato di sincronizzazione delle soluzioni posizionali dei precedenti sistemi: esso può presentare un funzionamento associato alla distanza percorsa (sincronizzazione sullo spazio) o al segnale satellitare (sincronizzazione sul tempo).

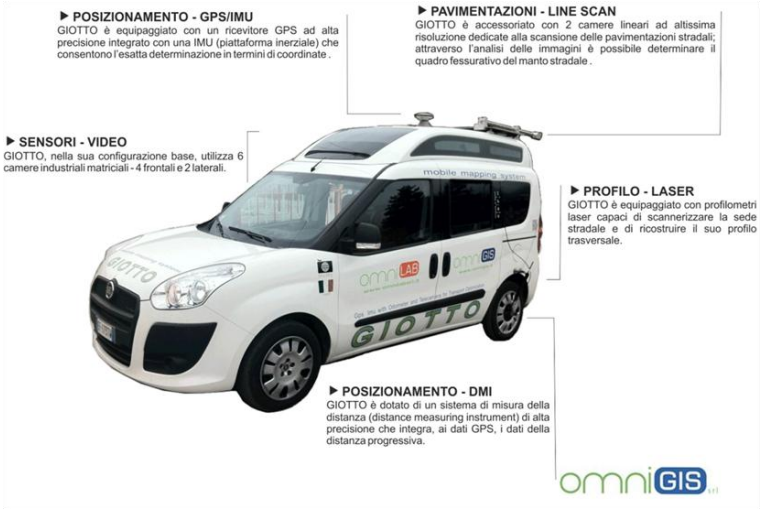


Figura 104 :Sistema Mobilr Mapping System Stradale, OMNIGIS[114]

Dal dataset di immagini georiferite è possibile, mediante suite di software di post elaborazione, desumere strati informativi atti a descrivere lo stato geometrico della strada e delle pertinenze limitrofe.

Il sistema, grazie alle procedure di calibrazione preliminari alla fase di rilievo, consente di garantire un'accuratezza certificata centimetrica sul dato post elaborato, caratteristica in linea con quanto prescritto dalla normativa di riferimento e adeguata per l'acquisizione di oggetti e pertinenze presenti sulla sede stradale. L' acquisizione e l'elaborazione fotografica è ideale per rilievi su estese stradali copiose, poiché l'onere di post elaborazione è sostenibile grazie anche alla disponibilità di software basti su riconoscimento automatico delle immagini, particolarmente utile nel caso di censimento della segnaletica.

6.6.2 LASER SCANNER

La caratteristica di modularità del sistema Mobile Mapping stradale consente di variare l'architettura sensoristica in relazione alla finalità del rilievo: l'introduzione dei sistemi laser scanner all'interno del sistema consente di disporre di modelli tridimensionali della sede stradale e delle aree limitrofe, con accuratezza sub centimetrica per rilievi in modalità statica e centimetrica nel caso cinematico. I sensori laser infatti consentono di acquisire grandi quantità di dati tridimensionali georiferiti (nuvole di punti) in tempi estremamente ridotti e con grande accuratezza metrica, facilitando la ricostruzione morfometrica degli oggetti o delle aree di interesse: applicazioni di ingegneria civile, geologia, geomeccanica, urbanistica sono solo alcuni dei campi di utilizzo di tale tecnologia. L'evoluzione al segmento Mobile ha consentito di aumentare la produttività del rilievo, con evidenti vantaggi in termini di produttività ed abbattimento dei costi, rendo tale tecnologia altamente performante competitiva con la modalità fotografica classica di rilievo. Il laser scanner montato sulla parte posteriore del veicolo, e orientato con angolazione tale da consentire l'acquisizione completa della sede stradale e delle sue pertinenze, scansiona l'area restituendo una nuvola di punti georiferita, permettendo la ricostruzione virtuale e la modellazione in 3D di tutto l'ambiente circostante (edifici, infrastrutture, marciapiedi, scarpate, ecc.) entro un centinaio di metri.

[114] OMNIGIS s.r.l., http://www.omnigis.it/

Figura 105: Sistema laser scanner elicoidale, LTS s.r.l[115].

Il contributo di tale sistema al paradigma del City Model e, in questo caso del Road Model p del tutto determinante, rappresentando una fonte informativa fondamentale per la completa caratterizzazione morfologica della sede stradale.

L'analisi del modello tridimensionale consente la piena ricostruzione geometrica e metrologica della sezione stradale e delle sue pertinenze, così come la presenza di segnaletica è deducibile attraverso l'integrazione del repertorio fotografico sul modello tridimensionale.

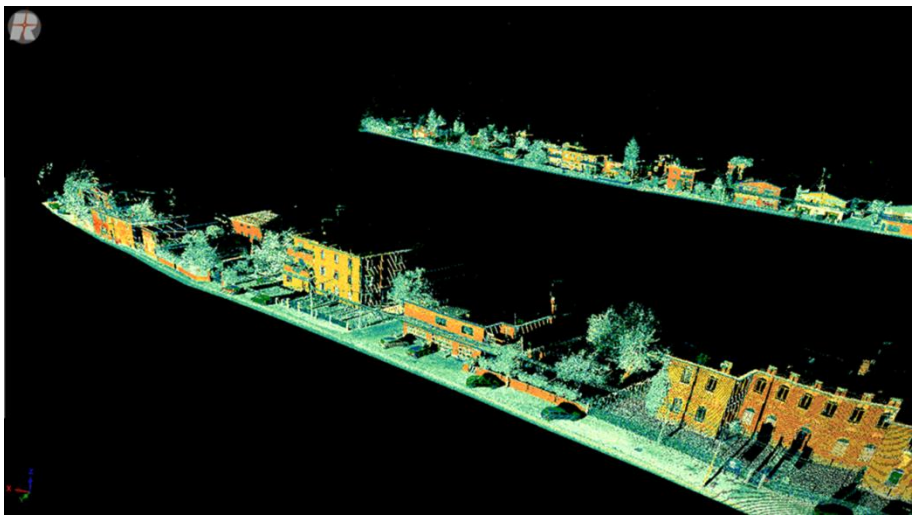


Figura 106: Modello tridimensionale acquisito da laser scanner in falsi colori, LTS s.r.l.

La tecnologia Mobile Mapping con Laser Scanner rappresenta ad oggi la configurazione più completa e performante nel segmento di rilevo stradale: accuratezza centimetrica in condizioni cinematiche e raggio d'azione minimo di alcune decine di metri assicurano la completezza dell'informazione.

6.6.3 MINILASER SCANNER

Nell'ottica della modularità la tecnologia laser scanner è stata declinata ad una dimensione inferiore, con lo scopo di acquisire il profilo trasversale della sezione, da cui desumere l'andamento della pendenza trasversale e longitudinale, presenza di pertinenze in adiacenza

[115] LTS s.r.l.- Land Techology & Services, http://www.ltsht.com/index.php

della sede nelle loro caratteristiche geometriche e metrologiche, la presenza di ostacoli laterali e la larghezza della carreggiata.

Il sensore laser è montato sulla parte posteriore del veicolo ad alto ad un'altezza di circa 2 m e rivolto verso il basso; mentre il veicolo è in moto sull'infrastruttura stradale il dispositivo è in grado di effettuare una scansione di tutta la sede con elevata precisione e risoluzione trasversale (ordine dei cm). La risoluzione longitudinale dipende dalla velocità del veicolo: per esempio, alla velocità di 50 Km/h si potrà acquisire una scansione ogni 35 cm circa. Il dispositivo, solidale con il mezzo in movimento, compie ed acquisisce delle scansioni della sede stradale, immagazzinando profili successivi della carreggiata, coprendo una sezione di circa 30 m.

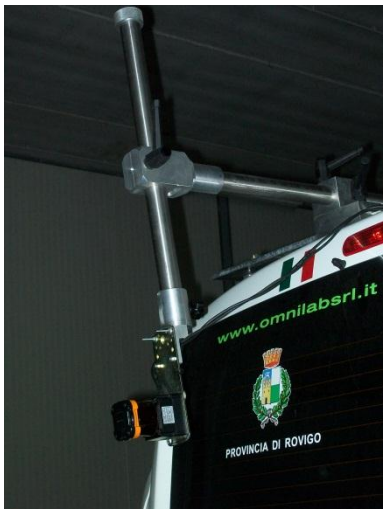


Figura 107: MiniLaser montato sul veicolo

Frutto del rilievo consiste e della post elaborazione consiste nella ricostruzione della sezione trasversale della strada, nel calcolo della due semilarghezza delle corsie e larghezza carreggiata, pendenza trasversale e l'errore che caratterizza l'elaborazione.

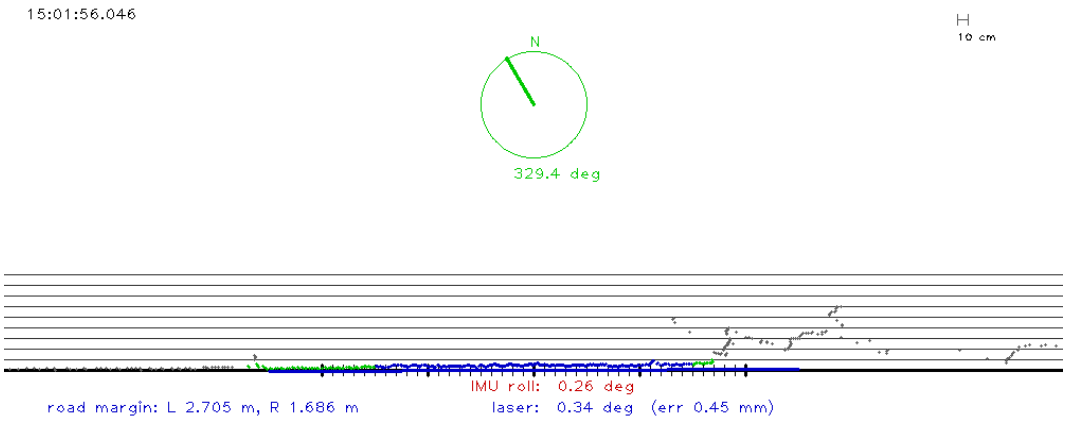


Figura 108 : Interfaccia software di post elaborazione MiniLaser

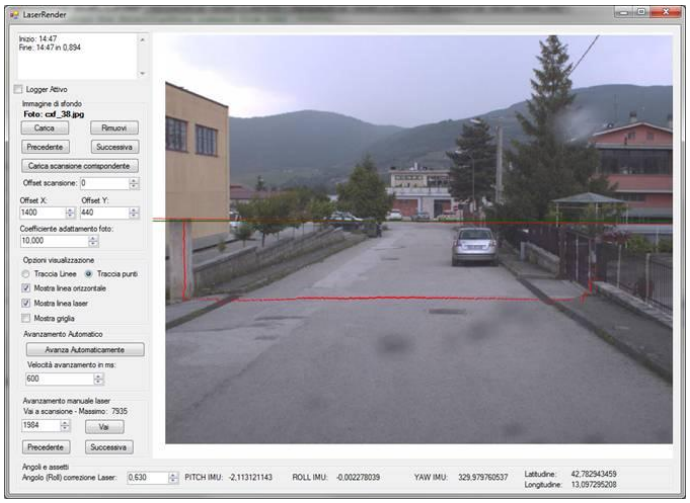


Figura 109: Software post eleborazione con sovrapposizione fotografica

E' evidente che, date le dimensioni ridotte dell'oggetto, i costi molto contenuti e il basso consumo energetico, si può considerare un dispositivo integrabile a bordo dell'architettura sensoriale dell'M. M. S. a fronte di buoni risultati sperimentali. Il dettaglio dello strumento e la descrizione dell'attività di sperimentazione effettuata è riportata in Appendice 3.

6.7 Riflessioni sul Capitolo 6

La fase conoscitiva riveste un ruolo di grande rilevanza ai fini dell'efficacia del metodo per la valutazione delle performance di sicurezza dell'infrastruttura, poiché, grazie ad una corretta mappatura degli attori e delle rispettive esigenze e attraverso una profonda analisi della tematica della sicurezza in relazione ai diversi fattori che con essa interferiscono, è possibile strutturare un adeguato quadro conoscitivo atto a corrispondere all'esigenza informativa espressa. L'analisi delle relazioni consente di evidenziare i rapporti di causalità che sussistono tra i diversi fattori del sistema della mobilità e il fenomeno incidentale: tale analisi determina la tipologia degli strati informativi atti a costituire il Road Model e Road Sensing.

L'analisi ha fatto emergere l'importanza della qualità del dato e il ruolo fondamentale che le Nuove tecnologie giocano nella costruzione di nuovi modelli conoscitivi, sia nella fase di indagine e realizzazione del modello fisico e sia nella successiva di monitoraggio del sistema. Tali strumenti sono elementi necessari alla profonda conoscenza del patrimonio infrastrutturale e delle dinamiche di mobilità.

All'interno di tale approccio innovativo la complessità insita nella tematica della sicurezza stradale trova nei nuovi modelli conoscitivi di *Road Model* e *Road Sensing*, la chiave per comprendere il gioco di relazioni tra i fattori del Sistema strada, al fine di mitigarne le interazioni negative ed abbatterne il potenziale di pericolosità agendo direttamente sulle cause, all'interno di un'ottica di tipo preventivo al fenomeno dell'incidentalità.

7 CAPITOLO - SAFE MOBILITY: PRESTAZIONI DI SICUREZZA DELLA MOBILITÀ STRADALE

Il Capitolo 7 descrive il cuore della metodologia realizzata, orientata alla valutazione delle performance di sicurezza di una infrastruttura, all'interno di un approccio integrato, necessario all'analisi di una problematica complessa come quella della mobilità stradale. Attraverso momenti successivi di approfondimento ed analisi, si giunge alla definizione del *Safe Mobility Index*, ovvero un indice in grado di sintetizzare il livello di sicurezza offerto da una infrastruttura stradale ai suoi utenti, attraverso lo studio e la classificazione dei diversi fattori che concorrono a definire la mobilità sicura e la produzione di indicatori specifici atti a rappresentarne i diversi aspetti. Al fine di rappresentare in maniera sintetica m esaustiva il complesso di interazioni che determinano il livello di sicurezza per la mobilità sono stati definiti indicatori rappresentativi del complesso territoriale e stradale, basati di modelli conoscitivi del *Road Model* e *Road Sensing* e avvalendosi anche di una componente partecipativa.

Le fasi salienti della procedura sono state sperimentate nei progetti di "*Sicuri sulle Strade*" e "*Viamont Street Model*", utilizzati nel corso del capitolo come esempi realizzativi.

7.1 Safe Mobility Index: analisi prestazionale della sicurezza stradale

Il moderno approccio legato alla conoscenza profonda della realtà attraverso modelli estremamente dettagliati supporta l'innovativo atteggiamento culturale orientato alla valutazione preventiva dei livelli di sicurezza stradale e del rischio incidentale, finalizzato alla mitigazione delle loro cause. Il carattere preventivo, ispirato anche dalle pratiche internazionali di *Safety Review*, recepite nel nostro Paese con la recente Direttiva in materia di analisi di sicurezza stradale (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2011), trova applicazione nella valutazione dei progetti stradali, e soprattutto nella verifica delle caratteristiche delle strade in esercizio, rivelando in questo caso la necessità di informazioni circa le condizioni delle infrastrutture stradali in relazione alle loro interazioni con l'ambiente con l'utente al fine di individuare i rapporti di causalità riconducibili agli elementi del Sistema Strada.

Se l'obiettivo è la prevenzione del fenomeno incidentale, si rende necessario uno strumento di analisi in grado di far emergere, attraverso la strutturazione, la sintesi delle fonti informative, le aree dell'infrastruttura che presentano livelli di rischio espressi o potenziali più elevati, e che contemporaneamente abbiano i più alti margini di miglioramento ai fini della sicurezza.

In linea con tali principi, il metodo *Safe Mobility Index* ha l'obiettivo di creare uno strumento di supporto alle politiche di gestione della sicurezza stradale, in grado di evidenziare, attraverso un'analisi multitematica, multidimensionale e multiattoriale, le aree critiche per la mobilità, fondendo strati informativi differenti, ed afferenti alle due dimensioni temporali e spaziali caratteristiche del *Road Model* e del *Road Sensing*.

Il metodo *Safe Mobility Index* si compone di diversi livelli di approfondimento come riportato in Figura 110:

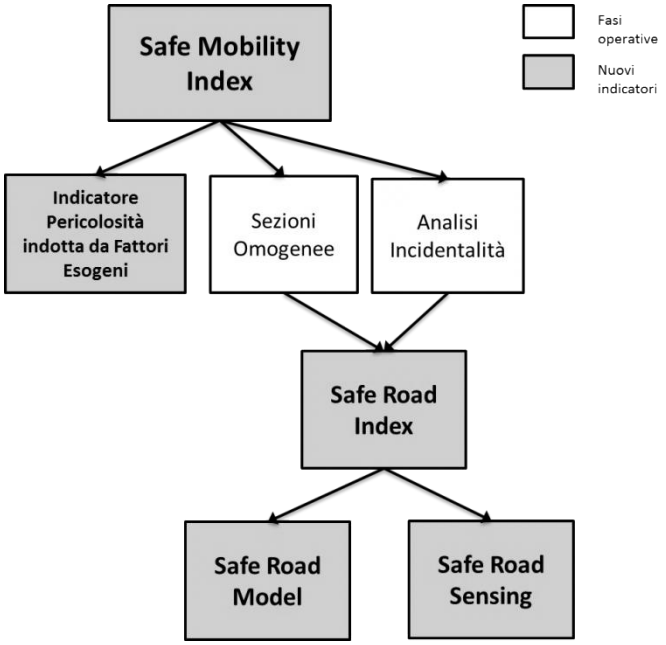


Figura 110: Struttura del metodo Safe Mobility Index

Una fase preliminare di analisi introduce le interazioni che l'ambiente genera sulla sicurezza stradale, attraverso la definizione di un indicatore rappresentativo dei fattori naturali ed antropici coinvolti, denominato *Indicatore di Pericolosità indotta da Fattori Esogeni*, mentre una prima analisi dell'infrastruttura stradale conduce alla definizione di sezioni omogenee, che in

questa fase di indagine a scala territoriale vasta, rappresentano l'unità elementare di analisi, anche per la caratterizzazione dei fenomeni incidentali e la definizione delle aree critiche.

Sulla base dei risultati preliminari si procede con un'analisi più orientata a definire l'influenza del contesto stradale sul tema della mobilità, attraverso la costruzione del *Safe Road Index*. Esso analizza la dimensione del *Road Model* con il *Safe Road Model*, che descrive, attraverso strati informativi specifici organizzati in indicatori settoriali, i diversi fattori strutturali e geometrici della strada che influiscono secondo un sistema di pesi opportunamente valutati, sull'insicurezza stradale, facendo così emergere lacune strutturali e funzionali. La dimensione del tempo reale è analizzata attraverso un indicatore di *Safe Road Sensing*, in grado di valutare l'influenza di fattori quali le condizioni dei flussi di traffico, e meteorologiche che necessitano, ai fini della loro significatività, di un aggiornamento in tempo reale, così da attribuire al modello la capacità di leggere le dinamiche della mobilità, e favorire l'ottica preventiva sul tema dell'incidentalità.

Su tali indicatori si innesta una fase di *tuning* con diversi attori territoriali, al fine di trasformare la prospettiva tecnica che ha guidato la creazione degli indicatori ad una visione in grado di inglobare la percezione degli utenti, così da assumere un punto di vista interno, tipico delle metodologie di Safety Review: i pesi che compongono gli indicatori e l'indice Safe Road Model, vengono calibrati e corretti in base a tali nuove informazioni.

Dall'analisi degli indicatori che modellano la strada e l'ambiente è possibile localizzare le aree in cui insistono più condizioni gravose ai fii dell'incidentalità, legate principalmente a caratteristiche strutturali o riconducibili ad interazioni con fattori esogeni; tuttavia tali condizioni possono aggravarsi ad opera delle dinamiche di mobilità, quindi un terzo indicatore, *Safe Sensing*, si sovrappone alla modello, fornendo ulteriori elementi per la valutazione della sicurezza, legati alla dimensione del tempo reale e alla variabilità spaziale, come i flussi di traffico e le condizioni meteo.

Il metodo, per le sue caratteristiche di scalabilità, multitematicità ed integrabilità può essere implementato all'interno di un sistema informativo orientato al tema della sicurezza stradale, ovvero può rappresentare un innovativo strumento a supporto di Centri di Monitoraggio per la sicurezza stradale.

Il metodo vuole essere un supporto a tutti gli attori, siano essi portatori responsabilità o diritti, affinché essi dispongano delle informazioni necessarie ad adempiere alle proprie funzioni e ai propri bisogni, al fine di giungere in un'ottica sinergica a garantire condizioni di mobilità stradale sicura.

7.2 Analisi preliminare alla classificazione di sicurezza

La fase di analisi preliminare consente di evidenziare le caratteristiche della rete stradale e del territorio che possono influire sul livello di sicurezza della mobilità: aspetti ambientali, climatici e prettamente strutturali e funzionali generano pressioni sulle condizioni di esercizio dell'infrastruttura, facendone variare il livello di rischio. L'analisi preliminare consente di effettuare lo studio del funzionamento della rete, dei suoi livelli di sicurezza, in relazione anche agli agenti esterni al Sistema strada, al fine di individuare una gerarchizzazione delle infrastrutture in relazione al loro livello di rischio e la relativa urgenza di intervento ai fini della mitigazione.

Per perseguire tale obiettivo primario si rende necessaria l'integrazione di dati relativi strettamente al tema dell'incidentalità stradale, con altre fonti informative in grado di

caratterizzare a pieno il contesto stradale, sia quello fisico e territoriale, e sia quello socio economico. Un fattore strategico in questa fase è la disponibilità di dati georiferiti, che consentono analisi dei fenomeni su base spaziale, con la possibilità di identificare direttamente le aree sedi delle diverse criticità. Le analisi sono condotte per livelli di approfondimento successivi, partendo da una scala vasta, così da giungere ad una caratterizzazione dell'intera area e far emergere situazioni più critiche sotto l'ottica della sicurezza stradale, fino a spingersi nelle fasi seguenti, a livelli di analisi via via più dettagliati in ragione della criticità individuate, fino a concentrarsi sullo studio di una sola infrastruttura o singoli punti critici. La finalità principale è quella di definire, in ragione delle caratteristiche specifiche del luogo, quali fattori possono incidere maggiormente sul fenomeno dell'incidentalità, ed identificare le aree in cui essi si concentrano.

7.2.1 ANALISI RETE STRADALE

L'analisi preliminare della rete stradale è finalizzata all'individuazione di tratte omogenee, ovvero, secondo quanto riportato nelle Linee guida in materia di sicurezza stradale (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2011), tratti stradali elementari in cui le caratteristiche geometriche e funzionali presentano un buon grado di invarianza: correlando tali tratte con i dati incidentali è possibile far emergere legami di causalità tra la strada e le dinamiche dei sinistri e definire un ordine di priorità. L'analisi si fonda sull'integrazione e classificazione di strati informativi descrittivi della strada, rimanendo tuttavia ad un livello di dettaglio piuttosto basso, cogliendo solo i caratteri distintivi generali.

Grafo di rete

E' naturale che, ai fini dello studio della rete stradale, il grafo rappresenti lo strato informativo fondamentale per l'analisi, poiché è una rappresentazione schematica dell'infrastruttura stradale, nei suoi elementi principali: archi, ovvero elementi lineari riconducibili a tratti di strada, e nodi, cioè punti di intersezione per la viabilità.

Una prima suddivisone ai fini dell'individuazione dei tratti omogenei è data dalla presenza di intersezioni: la presenza di nodi introduce discontinuità nell'elemento stradale, sia di tipo funzionale, poiché essi rappresentano punti nevralgici per la mobilità, e sia per ragioni strutturali, poiché varia la composizione della sezione trasversale: un elemento stradale infatti è definito come " la porzione di elemento lineare delimitato da due nodi". L'arco può essere formato da più tratte omogenee; in Figura 111 è riportato il grafo di rete delle Provincia di Rovigo, mentre in Figura 112 è riportato un dettaglio della struttura topologica archi e nodi.

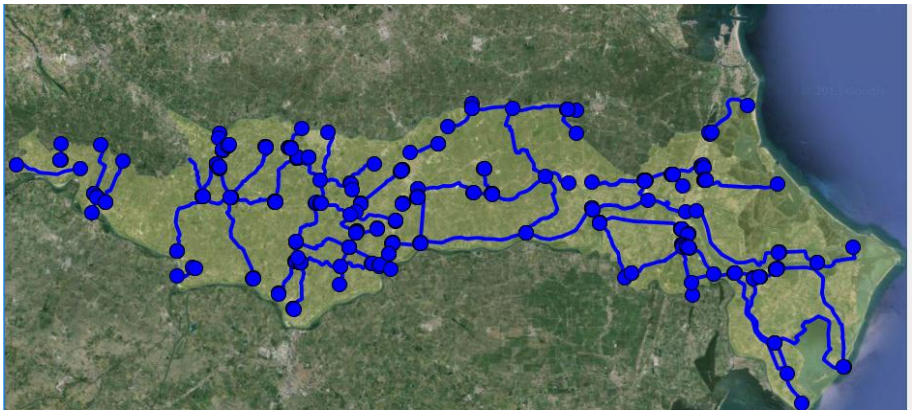


Figura 111: Grafo stradale della Provincia di Rovigo

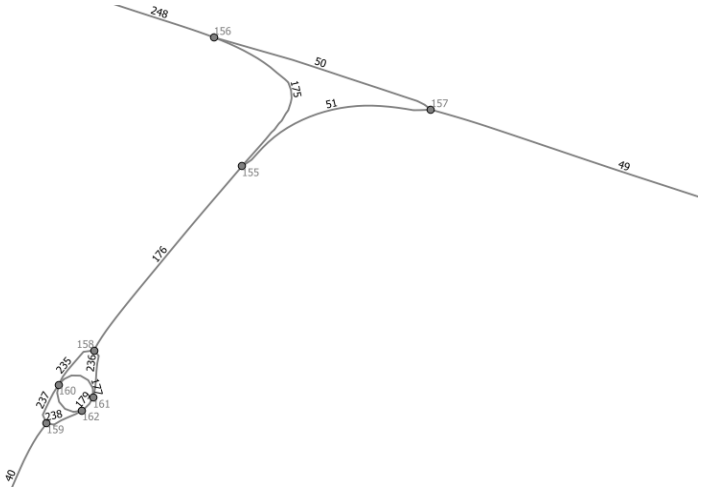


Figura 112: Dettaglio della struttura archi e nodi del grafo

Contesto urbano o extraurbano

L'ambito di analisi viene suddiviso in relazione alla presenza di centri urbani o di aree fortemente urbanizzate, in virtù sia delle variazioni che l'organizzazione della sede stradale subisce dal passaggio dall'ambito urbano a quello extraurbano, e sia in relazione alle diverse esigenze funzionali e alle interazioni tra le classi veicolari che contraddistinguono i due ambienti. Ai fini della determinazione di un confine tra le aree si fa riferimento ai seguenti criteri, condivisi da diversi autori (Domenichini L., Martinelli F., Vadi P., 2009):

- Presenza di cartelli di "inizio-fine" del centro abitato;
- La presenza di un centro urbano, definito secondo l'art. 3 del Codice della Strada come agglomerato di almeno 25 edifici contigui;
- L'esistenza di flussi pedonali non salutari;
- Presenza di attività commerciali, parcheggi a raso, marciapiedi ed illuminazione.

Le modalità operative che più facilmente consentono di identificare tali limiti utilizzano dati provenienti dal Catasto Strade per quanto riguarda il criterio fondato sull'analisi dei cartelli segnaletici, e sull'analisi della Copertura di Uso del suolo tramite le classi dei "territori modellati artificialmente", con particolare riferimento a "Urbano continuo", "Tessuto urbano discontinuo", ed "Insediamenti industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati, militari". La Figura 113 riporta l'individuazione dell'inizio e fine dei centri urbani attraverso le metodologie descritte: l'analisi evidenzia che, la rete stradale provinciale di Rovigo lambisce i centri abitati, rimanendo prevalentemente al di fuori del centro urbano. Esistono solo dei piccoli tratti di attraversamento in comuni al di sotto di 10 000 abitanti, condizione che, come confermato dalla norma di riferimento, non provoca cambiamenti della funzione dell'infrastruttura stradale e delle sue caratteristiche.

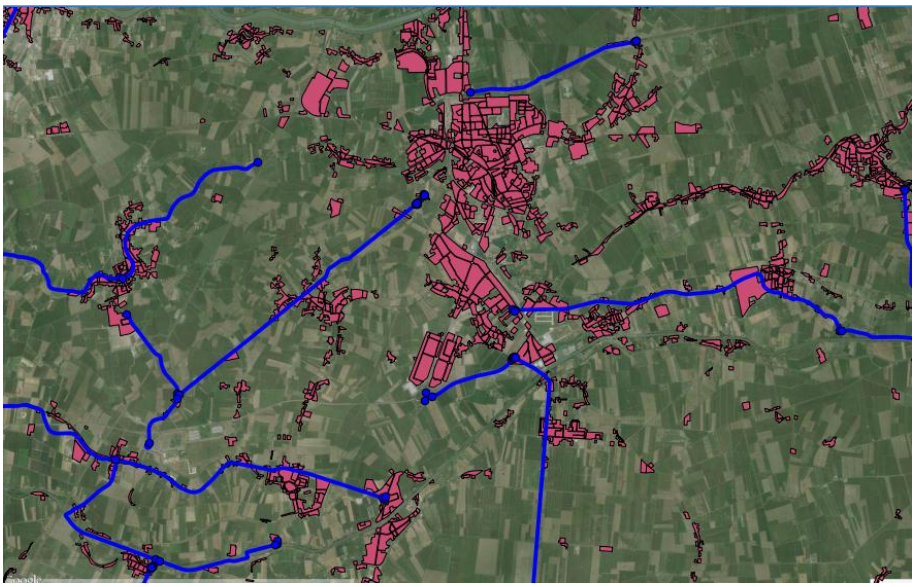


Figura 113: Rovigo rete extraurbana e centri urbani ottenuta principalmente da Carta di Uso del Suolo e Catasto delle Strade

Contesto ed inserimento ambientale in relazione alle zone altimetriche

Ci si riferisce alla classificazione in relazione alle zone altimetriche [116]definita dall'ISTAT:

- **Pianura**: territorio basso e pianeggiante caratterizzato dall'assenza di masse rilevate. Si considerano nella zona di pianura anche le propaggini di territorio che nei punti più discosti dal mare si elevino ad altitudine, di regola, non superiore ai 300 metri, purché presentino nell'insieme e senza soluzione di continuità, inclinazione trascurabile rispetto al corpo della zona di pianura.
- **Collina**: territorio caratterizzato dalla presenza di diffuse masse rilevate aventi altitudini, di regola, inferiori a 600 m nell'Italia settentrionale e 700 m nell'Italia centro-meridionale ed insulare. Eventuali aree di limitata estensione aventi differenti caratteristiche, intercluse, si considerano comprese nella zona di collina.
- **Montagna**: territorio caratterizzato dalla presenza di notevoli masse rilevate aventi altitudini, di norma, non inferiori a 600 m nell'Italia settentrionale e 700 m nell'Italia centro-meridionale e insulare.

Tali dati sono forniti dall'ISTAT in formato tabellare, e facilmente relazionabili a file vettoriali dei "Limiti Amministrativi", che contengono i confini territoriali dei diversi Enti preposti alla gestione delle aree.

Classe funzionale della strada

L'intera rete oggetto d'indagine viene suddivisa in funzione della gerarchia funzionale delle strade, secondo quanto riportato all'art 2. del Codice della Strada:

- A- Autostrada
- B- Extraurbana principale
- C- Extraurbana secondaria
- D- Urbana di scorrimento
- E- Urbana di quartiere

[116] Zone altimetriche, Fonte ISTAT, http://www3.istat.it/servizi/studenti/binariodie/CorsoExcel/Glossario.htm

- F- Locale urbana e extraurbana

Ai fini della classificazione in tratte omogenee è possibile attuare una semplificazione, dovuta alle condizioni di similitudine che si verificano specialmente in ambito extraurbano tra le strade di tipo A e B, e le strade secondarie C ed F strade locali.

Un parametro fondamentale da considerare è l'organizzazione della sezione trasversale fortemente vincolata dalla classe funzionale: numero di corsie, tipologia delle banchine e larghezza della piattaforma (con variazioni superiori ad un metro si impone la discontinuità) sono elementi fondamentali da considerare. Tutte le informazioni necessarie possono essere desunte dal Catasto delle Strade o da elaborati progettuali.

Volumi di traffico

La caratteristica del volumi di traffico deve mantenersi omogenea all'interno della stessa tratta, ovvero è necessario garantire lo stesso livello di servizio. Per attuare tale classificazione si fa riferimento a dati di rilievi di flusso effettuati con appositi dispositivi in grado di contare e classificare i veicoli transitanti, come riportato in Figura 114 .A tale proposito risulta un accorgimento fondamentale, ai fini della comparazione tra diversi itinerari, omogeneizzare i flussi attraverso appositi parametri correttivi che consentono di esprimere l'intera corrente veicolai in termini di autoveicoli, come riportato in Figura 114.

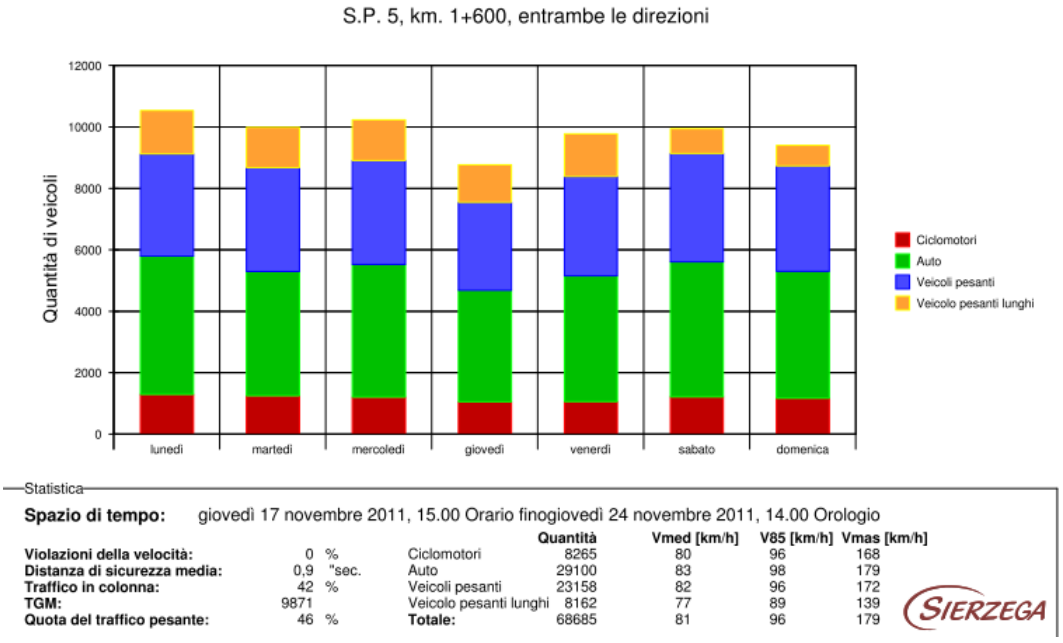


Figura 114: Rilievo dei flussi di traffico con dispositivo radar presso la SP05 in provincia di Rovigo, (sito web Provincia di Rovigo[117])

In relazione alla tipologia di strada, in particolare in relazione alla velocità media di deflusso, è possibile stabilire una valutazione del flusso veicolare ricorrendo ai limiti dell'Highway Capacity Manual (AASHTO, 2001) , ovvero i "*Level Of Services*[118]" previo arrotondamento e assimilazione alla condizione della strada. A tale riguardo anche il Decreto in materia di progettazione stradale

[117] Provincia di Rovigo, http://provincia.rovigo.it

[118] Level of Services sono definiti dall'AASHTO come misura qualitativa dell'infrastruttura che indica, nella pratica, l'insieme di vari parametri oggettivi di circolazione e di funzionamento dell'insieme strada-veicolo così come vengono percepiti dall'utente (velocità, tempi di percorrenza, interruzioni eritardi, libertà di manovra, sicurezza, economia e
comfort). (AASHTO,2001)

fornisce indicazioni riguardo il numero di veicoli all'ora per corsia di marcia (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2001, b). Alcuni autori (Domenichini L., Martinelli F., Vadi P., 2009), hanno utilizzato nelle loro valutazioni i limiti di Tabella 38 e Tabella 39.

Classe	Lunghezza	Coefficiente di omogeneizzazione
1°	< 2,0 m motociclo	0,3
2°	2,0 - 5,0 m autovettura	1,0
3°	5,0 - 7,5 m veicolo commerciale leggero	1,5
4°	7,5 - 10,0 m veicolo commerciale pesante	2,5
5°	10,0 - 12,5 m autobus	5,0
6°	12,5 - 16,5 m autoarticolato	5,0
7°	16,5 - 19,0 m autotreno	4,0
8°	> 19,0 m veicolo eccezionale	5,0

Tabella 38: Coefficienti di omogeneizzazione classi veicolari utilizzati da ANAS [119]

Flusso veicolare per ora per corsia					
Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
< 630	630-1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	>2500

Tabella 39: Limiti per la valutazione dei flussi di traffico

Caratteristiche geometriche

La geometria plano-altimetrica del tracciato gioca un ruolo fondamentale ai fini della definizione delle tratte omogenee, poiché essa determina la percezione dello spazio stradale da parte dell'utente, ai fini dell'analisi della planimetrica si considerano preliminarmente solo due tipologie di classi:

- Rettilineo e Curva larga
- Curva Media e Curva stretta

Il relazione a quanto riportato nel decreto di riferimento in materia di progettazione di strade, i limiti per la valutazione dell'andamento planimetrico possono essere desunti dalla Tabella 40 , che riporta i valori minimi di progetto per il Raggio planimetrico. I valori di soglia vengono valutati in ragione della tipologia di strada e della velocità media di percorrenza riscontrata.

[119] *Coefficienti di omogeneizzazione*: http://www.franciacortasostenibile.eu/media/File/Franciacorta%20sostenbile/schede%20metodologiche/traffico.pdf

TIPI SECONDO IL CODICE		AMBITO TERRITORIALE	DENOMINAZIONE	V_p min [km/h]	q_{max}	$f_{t\,max}$	Raggio minimo [m]
AUTOSTRADA	A	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	90	0,07	0,118	339
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	40	0,07	0,210	45
		URBANO	STRADA PRINCIPALE	80	0,07	0,130	252
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	40	0,035	0,210	51
EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	EXTRAURBANO	STRADA PRINCIPALE	70	0,07	0,147	178
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	40	0,07	0,210	45
EXTRAURBANA SECONDARIA	C	EXTRAURBANO		60	0,07	0,170	118
URBANA DI SCORRIMENTO	D	URBANO	STRADA PRINCIPALE	50	0,05	0,205	77
			STRADA DI SERVIZIO (EVENTUALE)	25	0,035	0,220	19
URBANA DI QUARTIERE	E	URBANO		40	0,035	0,210	51
LOCALE	F	EXTRAURBANO		40	0,07	0,210	45
		URBANO		25	0,035	0,220	19

Tabella 40:Valori di riferimento per il Raggio planimetrico minimo (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2001b)

Nel caso di Rovigo, trattandosi di una rete Provinciale, con strade prevalentemente di categoria F extraurbana e C si sono scelti i limiti riportati in Tabella 41, accorpando per la fase preliminare in due sole classi.

Valutazione curvatura planimetrica			
Curva		Rettifilo	
Curva Stretta	Curva Media	Curva Larga	Rettilieno
R< 150	150<R<500	500<R<2000	R>2000

Tabella 41: Limiti per la classificazione del raggio planimetrico

Il profilo altimetrico viene valutato in fase preliminare in tre classi:

- Salita
- Discesa
- Piano

Anche in questo caso i limiti vengono desunti da analisi di letteratura e seguendo le limitazioni imposte dalla norma di riferimento in materia di progettazione stradale, sebbene con qualche arrotondamento; coerentemente con altri autori (Domenichini L., Martinelli F., Vadi P., 2009) i valori per la classificazione altimetrica sono riportati in Tabella 42:

Valutazione curvatura altimetrica				
Discesa	Pianeggiante			Salita
Forte Discesa	Lieve Discesa	Pianeggiante	Lieve Salita	Forte Salita
i< -5%	-5%< i< -2%	-2%< i< +2%	+2%< i< +5 %	i> +5%

Tabella 42: Limiti per la classificazione del raggio altimetrico

Mentre l'incidenza del fattore planimetrico è sempre riscontrato, il fattore altimetrico in certi contesti rivela delle variazioni davvero poco influenti; il caso studio di Rovigo non ha richiesto la realizzazione di uno studio dettagliato proprio perché la variazione altimetrica è sempre all'interno della fascia pianeggiante, senza aggiungere fattori di pericolosità al tracciato.

I dati necessari alla caratterizzazione altimetrica e planimetrica sono desumibili dal Catasto delle Strade.

7.2.1.1 Sezioni Omogenee

Dalla sovrapposizione degli strati informativi analizzati e mediante loro segmentazione in relazione alla variabilità delle caratteristiche, si perviene alla definizione delle sezioni omogenee per la strada analizzata, come riportato in Figura 115. E' evidente che il livello di approfondimento in questa fase è totalmente variabile in relazione al numero di vincoli scelti alla base della definizione della sezione omogenea.

Figura 115: Classificazione in sezioni omogenee della strada SP05 a Rovigo secondo i criteri indicati

Tale classifica viene riportata alla struttura del Layer di base che contiene una modellazione del grafo di rete, creata ai fini del calcolo e della rappresentazione: in fase di classificazione preliminare, e in relazione all'estensione minima delle sezioni omogenee a livello di tratta stradale, si ritiene opportuno optare per una unità minima di 500 m.

7.2.2 ANALISI CONTESTO TERRITORIALE

L' interazione che la componente territoriale può generare sulla rete stradale è fortemente legata alle peculiarità del luogo: condizioni meteo-climatiche, esposizione a rischio idrogeologico, elementi fisici limitrofi e dinamiche di carattere sociale sono fattori che producono variazioni sul livello di sicurezza della strada in ragione delle peculiarità locali. Per tali motivi non è possibile stabile una gerarchizzazione definitiva del sistema delle influenze che i fattori ambientali ed antropici generano sul sistema strada, ma ogni situazione va analizzata in relazione alla conformazione del complesso delle infrastrutture presenti e degli agenti territoriali, alla dimensione spaziale e temporale di indagine.

Disporre di un modello conoscitivo dettagliato e strumenti di analisi efficaci e scalabili, è un presupposto necessario al fine di realizzare un processo conoscitivo orientato all'innovazione e alla comprensione di particolari aspetti legati ad un fenomeno complesso come quello della mobilità sicura. Il territorio si presenta come una fitta rete composta da maglie sovrapposte, caratterizzate da diverse dinamiche evolutive, vincoli, tempistiche e caratteristiche, che originano nella loro complessità, fenomeni ed effetti tra loro interconnessi.

Sulla base del modello conoscitivo del *Mobility Model*, della strutturazione e dell'analisi delle diverse fonti informative raccolte, si vuole tracciare un quadro dei fenomeni territoriali che possono inciderne sul livello di sicurezza della strada, con lo scopo di cogliere i rapporti di causalità tra sinistri, fattori strutturali e funzionali della strada e dell'ambiente. Elemento strategico in questa fase è la disponibilità di dati georiferiti, che consentono analisi dei fenomeni su base spaziale, con la possibilità di identificare direttamente le aree interessate dalle dinamiche indagate ed identificare rapporti di causalità tra i diversi elementi del sistema strada, anche grazie a tale tipo di analisi.

Le analisi sono condotte per livelli di approfondimento successivi, partendo da una scala vasta, in modo da caratterizzare l'intera area e far emergere situazioni più critiche sotto l'ottica della sicurezza stradale. Successivamente la metodologia prevede un'analisi a maglia via via più stretta fino a concentrarsi sullo studio di una sola infrastruttura e le aree direttamente ad essa connesse. In linea generale si prevedono sue macroaree di indagine:

- Contesto naturale;
- Contesto antropico.

Il frutto dell'analisi consiste in un *Indicatore della Pericolosità indotta dai Fattori Esogeni (IPFE)*, di tipo relativo e qualitativo, in grado di rappresentare le aree su cui insistono particolari condizioni critiche legate a fenomeni esterni la sede stradale. L'indicatore è di tipo relativo poiché l'estrema variabilità dei fenomeni in relazione al contesto di riferimento ne rende impossibile la generalizzazione, e i limiti per la definizione delle tratte critiche sono stati valutati in relazione alle caratteristiche della rete.

7.2.2.1 Contesto naturale

La valutazione dei fattori naturali ai fini dell'interferenza sulla rete stradale viene effettuata sulla base della presenza, della tipologia e della loro distribuzione lungo il tracciato stradale, operazione realizzata con strumenti GIS e in relazione alla disponibilità di banche di dati georiferite, afferenti alla dimensione del Road Model. Tale analisi viene realizzata ad un livello di rete, al fine di comprendere le aree assoggettate ai fenomeni che rappresentano un rischio incidentale maggiore.

Le componenti ambientali da sottoporre a valutazione sono funzione del contesto, così come la loro rilevanza; in linea generale possono essere oggetto di analisi tutti fattori individuati nella fase di Analisi delle relazioni Landscape.

Costruzione dell' Indicatore sintetico della Pericolosità indotta dai Fattori Esogeni naturali

Le caratteristiche morfologiche ed orografiche del territorio esercitano la loro funzione di vincoli soprattutto in fase progettuale determinando l'andamento plano-altimetrico del tracciato e la presenza di opere di scavalcamento; in fase di esercizio possono favorire l'instaurarsi di alcuni fenomeni come ad esempio il ristagno di veli idrici e la possibile formazione di ghiaccio. I fattori ambientali che maggiormente interagiscono con le correnti di traffico afferiscono a fenomeni legati al rischio idrogeologico: il sistema delle acque e le condizioni di stabilità di

versanti rappresentano due tra gli aspetti che possono giocare un ruolo fondamentale ai fini della percorribilità e mobilità sicura.

Per quanto riguarda il "Sistema delle Acque" le informazioni principali riguardano il reticolo idrografico in relazione all'adiacenza con la rete stradale, la presenza di opere di protezione, la tenenza ad allagamento ed alluvione di determinate aree. Tali aspetti possono presentare una notevole variabilità nel tempo, con episodi sporadici ma di elevata intensità.

Ai fini della caratterizzazione delle performance di sicurezza di una strada i fenomeni di natura idrogeologica come caduta massi sulla sede stradale, frane, possono giocare un ruolo fondamentale: tale informazione viene desunta dall'analisi della Carta geologica e dal Catasto dei dissesti e dall' Archivio IFFI.

Fase1: Analisi e classificazione dei fattori naturali

La prima fase dell'analisi consiste nello studio del territorio e dei fenomeni di carattere naturale che esso presenta, pervenendo ad una loro classificazione sulla base dei giacimenti informativi disponibili; a titolo semplificativo alcuni dei fattori ritenuti più importanti in relazione alle performance di sicurezza di una strada, sono stati riportati in Tabella 43.

Fattore	Classe descrittiva	Classe numerica
Potenziale alluvione	Assenza	0
	Classificazione Pericolosità PAI livello P1-	1
	Classificazione Pericolosità PAI livello P2-	2
	Classificazione Pericolosità PAI livello P3-	3
Corsi d'acqua con criticità opere difesa	Non presente	0
	Presente	1
Deflusso difficoltoso	Non presente	0
	Presente	1
Erosione spondale	Non presente	0
	Presente	1
Presenza di Ghiaccio	Non presente	0
	Presente	1
Tratte potenziali caduta massi	Non presente	0
	Presente	1
Potenziale sisma	Classificazione pericolositò sisma- Livello Alto 1	3
	Classificazione pericolositò sisma- Livello Medio2	2
	Classificazione pericolositò sisma- Livello Basso 3	1
	Classificazione pericolositò sisma- Molto Livello Basso 4	0

Tabella 43: Fattori naturali e sicurezza stradale

La caratterizzazione di tali aspetti è resa possibile dall'integrazione ed elaborazione degli elementi conoscitivi contenuti nel Road Model, che si ricorda essere una raccolta strutturata di giacimenti informativi e rilievi atti a descrivere la componente fisica del fenomeno, in questa caso la sede stradale e il contesto territoriale limitrofo.

Fase 2: Analisi di correlazione e interferenza

La valutazione dell'interferenza di tali fenomeni deriva da un criterio di prossimità delle aree che rappresentano la presenza di determinati fenomeni, con la rete stradale: in relazione alla fattore considerato si assegna un'area di "soggezione" alla strada, in questa caso trattandosi di fenomeni naturali che spesso presentano un'area di interesse estesa, si è operato un buffer di 200m su ambo i lati della strada. Successivamente si valuta la possibile intersezione che definisce l'esistenza di relazioni tra strade e fenomeno, come riportato in Figura 116. Il fattore

analizzato viene poi classificato in relazione alla sua pericolosità, sulla base dei riferimenti normativi e tecnici, e della sensibilità e conoscenza del tecnico, attribuendo un giudizio qualitativo secondo le modalità espresse dal campo "Classe Numerica" corrispondente ad una Classe Descrittiva.

Al fine di creare un Indicatore sintetico della Pericolosità indotta dai Fattori Esogeni si procede all'attribuzione dei *pesi* p_i relativi ad ogni fattore al fine di esprimere, sulla base di analisi di letteratura e da giacimenti informativi e analisi delle serie storiche incidentali, il loro potere di interferire con il sistema stradale ai fini della sicurezza in relazione al contesto territoriale: emerge infatti l'originalità di attribuzione del sistema di pesi proprio per la variabilità con cui fenomeni ambientali e condizioni della rete stradale proprio per il legame con i luoghi.

Tale condizione genera un forte carattere di relatività della misura, così rendere necessaria una procedura di normalizzazione: la formula di calcolo dell'indicatore riporta al denominatore la combinazione lineare dei fattori assunti nel valore delle varie classi che esprime la più alto livello di pericolosità, simulando la "tratta elementare critica" per la rete, così da disporre di una misura normalizzata per la rete.

L'indicatori risulta definito dalla formula

$$IPFE_n = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^{n} P_i \cdot C_{i,max}}$$

Dove:

n : è il numero di fattori ambientali che insistono sul territorio;

P_i: è il peso attribuito ad ogni fattore

C_i: è la classe di valutazione

A titolo esemplificativo si riportano le scelte ritenute opportune nei casi di due realtà territoriali diverse, quali l'area pianeggiate di Rovigo ed il Contesto montano del bellunese.

Rete provinciale di Rovigo

Il territorio di Rovigo presenta per tutta la sua estensione un carattere pianeggiante ed una scarsa tendenza all'attività sismica, presentando valori di accelerazione al suolo molto bassi, contemporaneamente la scarsa presenta di opere di scavalcamento e importanti opere d'arte in genere, e tantomeno di versanti in adiacenti la viabilità, rende tale fenomeno scarsamente influente. Fenomeni di dissesti in relazioni a movimenti franosi sono scarsi, ma la presenza di un complesso regime delle acque ne complica il carattere territoriale. Nonostante la massiccia prevalenza di territorio subsidente, la presenza numerosa di corsi d'acqua le condizioni di pericolosità di alluvione sono circoscritte a poche aree; le criticità più evidenti riguardano aree localizzate in corrispondenza di alvei che presentano problematiche in relazione alle opere di contenimento. In territorio tuttavia presenta modesti livelli di pericolosità grazie ad una serie di opere di bonifica e una costante manutenzione che va a compensare il rischio idrogeologico legato alla subsidenza della maggior parte delle aree.

L'analisi fa emergere la presenza di aree soggette a rischio alluvione nell'area Nord Ovest del territorio provinciale, con particolare riferimento alla SP52 che si trova compresa tra due aree soggette ad alluvioni, caratterizzate da livello di pericolosità PAI –P2. Il resto del territorio è caratterizzato da diffusa subsidenza e presenza di criticità localizzate quali opere di protezione in corrispondenza di alvei on condizioni critiche.

E' evidente che il maggior problema nelle aree della Provincia di Rovigo ha a che vedere con il sistema della gestione delle acque, fattore a cui è attribuito un peso maggiore ai fini del calcolo dell'indicatore di pericolosità per Fattori esogeni. Figura 116 individua le aree soggette a rischio alluvionale che lambiscono centri abitati, innalzando il rischio idrogeologico, e in dettaglio il risultato dell'indicatore, fortemente influenzato dalla presenza di tale fenomeno.

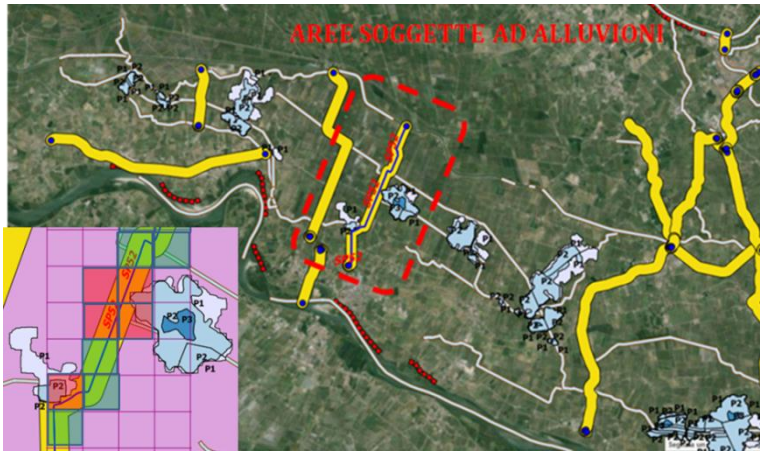


Figura 116Inquadramento delle aree alluvionali che intercettano la rete stradale provinciale con dettaglio dell'indicatore Pericolosità dei Fattori Esogeni sulla SP 52:

Strada Regionale Agordina

La SR 203 "Agordina" è inserita in un contesto montano caratterizzato da una forte presenza ed influenza di fattori naturali, essendo costituito principalmente da un fondovalle in zona dolomitica: condizioni meteo avverse, criticità idrogeologiche ed elementi morfologici sfavorevoli possono far variare, in brevissimo tempo, il livello di rischio incidentale. In tale contesto rivelano una grande importanza fattori legati all'instabilità di versanti e fronti in roccia, in relazione a fenomeni di occupazione della sede stradale, inoltre il clima rigido e il carattere delle precipitazioni contribuisce a rendere insidioso il manto stradale con presenza di ghiaccio e veli idrici. La Figura 117 mette in evidenza l'Indice di Pericolosità indotta da Fattori Esogeni calcolato perla SR 203, e evidenzia un particolare tratto critico, con i fattori d'influenza relativi.

Figura 117: Indicatore di Pericolosità dei fattori esogeni per la SR 203, Viamont.[120]

[120] *Viamont Street Model*, http://www.didatticaericercasit.it/viamont/web/mappa_pericolosita/

Secondo la "Classifica dei Comuni Italiani in base al livello di attenzione per il rischio idrogeologico" (Ministero dell'Ambiente, 2000), la provincia di Belluno rappresenta il territorio a più elevata pericolosità del Veneto: esso presenta circa il 64% dei comuni della provincia presenta il livello di rischio "Molto elevato", contro il 36% della Provincia di Rovigo. Anche gli aspetti di rischio sismico sono molto diversi, poiché Rovigo è una zona a basso rischio, mentre il Bellunese è una zona rischio medio alto, condizione aggravata dalla massiccia presenza di opere d'arte sul tracciato. Si evince la grande differenza tra i due contesti, da cui deriva una diversa scelta in relazione ai pesi da attribuire ai diversi fattori, come riportato nella Tabella 44:

Fattore	Classe descrittiva	Classe numerica	Peso	
			Rovigo	Feltre
Potenziale alluvione	Assenza	0	2	1
	Classificazione Pericolosità PAI livello P1-	1		
	Classificazione Pericolosità PAI livello P2-	2		
	Classificazione Pericolosità PAI livello P3-	3		
Corsi d'acqua con criticità opere difesa	Non presente	0	2	1
	Presente	1		
Deflusso difficoltoso	Non presente	0	2	2
	Presente	1		
Erosione spondale	Non presente	0	0	1
	Presente	1		
Presenza di Ghiaccio	Non presente	0	1	3
	Presente	1		
Tratte potenziali caduta massi	Non presente	0	0	3
	Presente	1		
Potenziale sisma	Classificazione pericolositò sisma- Livello Alto 1	3	1	2
	Classificazione pericolositò sisma- Livello Medio2	2		
	Classificazione pericolositò sisma- Livello Basso 3	1		
	Classificazione pericolositò sisma- Molto Livello Basso 4	0		

Tabella 44: Confronto dei pesi ai fattori ambientali ai fini del calcolo dell'Indicatore nei due casi di riferimento

Nel caso dei fattori ambientali, poiché essi generalmente presentano un carattere spaziale abbastanza ampio, manifestando i propri effetti al di là dell'intorno di accadimento dell'evento, si ritiene un buon grado di approssimazione a favore di sicurezza, estendere la caratteristica di "Presenza" del fenomeno all'intera unità elementare del metodo, anche in presenza di una piccola area di intersezione, come riportato nel dettaglio di Figura 116.

7.2.2.2 Contesto antropico

I principali fattori che appartengono alla sfera delle attività legate agli aspetti sociali e culturali di un territorio che possono influire sui livelli di sicurezza per la mobilità afferiscono principalmente ai punti di interesse sul territorio e alle dinamiche che essi generano.

Un centro urbano di media grandezza richiama un bacino di utenze dai centri minori limitrofi, generando flussi di traffico sulle arterie di principale collegamento, soprattutto per quanto riguarda l'anello che circoscrive il centro stesso. L'analisi condotta a scala di rete consente così di individuare la quantità e la tipologia di punti di interesse presenti nei diversi centri urbani, elementi che contribuiscono ad innalzare l'importanza del centro, e il suo potere attrattivo; le attività generalmente presenti sono riportate in Tabella 45.

Punti di interesse	Descrizione	Area influenza [m]
Ospedale	Numero di Ospedali	500
Centro Commerciale	Numero di centri commerciali	200
Centro Abitato con servizio scolastico	Riporta il numero dei servizi scolastici	50
Centro Abitato con servizio sanitario	Riporta il numero dei servizi sanitari	50
Centro Abitato con servizio amministrativo	Riporta il numero dei servizi amministrativi	50
Casello Autostradale	Numero Caselli autostradali	200
Autodromo	Numero autodromi	100
Luoghi di culto	Numero dei luoghi di culto	50
Punti di rilevanza storico culturale	Numero dei luoghi di punti di interesse culturale	50

Tabella 45: Punti di Interesse e potere di interazione

Tali punti di interesse hanno un potere attrattivo che si traduce nella capacità di generare congestione ed abbattere i livelli di sicurezza, fornendo un parametro indice dell'importanza del centro urbano: ai fini della valutazione di questo effetto si fa corrispondere a ciascun punto di interesse presente nel centro urbano un'area di influenza che ne amplifica l'effetto, come riportato in tabella. Nell'intorno di ciascun punto di interesse si attribuisce un'area di buffer parti all'area di influenza, la cui intersezione con la rappresentazione della strada indica la possibilità di maggiore congestione. Un esempio di tale situazione è riportata per la strada SP 05 a Rovigo, che risente dell'influenza della presenza dell' Interporto e di un Centro commerciale.

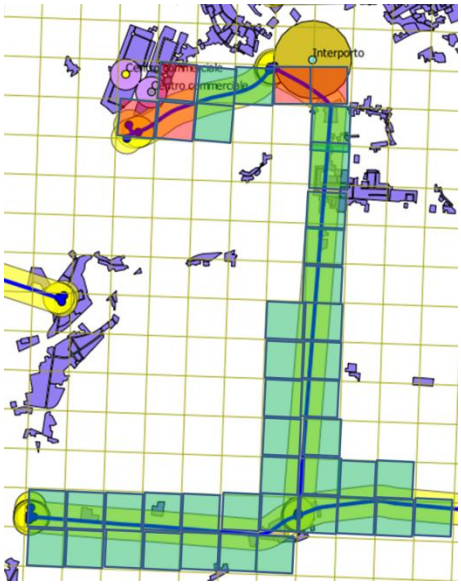


Figura 118: Influenza dei punti di interesse sulla SP05 di Rovigo

Attraverso un'operazione di intersezione si determina la parte di rete stradale che risente della presenza dei punti di interesse: in corrispondenza di tali aree il livello di pericolosità viene incrementato ; per quanto riguarda la Classe essi vengono definiti in termini di "Presenza" o "non Presenza".

7.2.2.3 Conclusioni Indicatore di Pericolosità Indotta da fattori esogeni

L'indicatore della Pericolosità Indotta da Fattori Esogeni si compone quindi del fattore naturale e di quello antropico: essi influiscono sul tema della mobilità sicura in misura diversa, soprattutto in relazione all'ambito territoriale d'analisi. In linea generale si tende ad attribuire ai fattori ambientali un'importanza maggiore ai fini della costituzione dell'indicatore, poiché rappresentano fenomeni che non dipendono al comportamento umano collettivo, che può essere

tuttavia plasmato mediante sistemi di regolazione del traffico e misure repressive, e la loro intensità e imprevedibilità li rende nemici della sicurezza stradale.

L' Indicatore di Pericolosità Indotta da Fattori Esogeni è dato dalla combinazione lineare degli effetti dati dai diversi contributi dei fattori naturali ed antropici secondo dei coefficienti , che stimano l'influenza globale delle due macro categorie sul tema della mobilità sicura: in ragione delle considerazioni sopra esposte si tende ad attribuire ai fattori ambientali la quota parte delle responsabilità.

$$IPIFE = w_n \cdot IPIFE_n + w_a \cdot IPIFE_a$$

Da evidenze empiriche si è notato che i coefficienti per il calcolo dell'indicatore tendono a stabilirsi sulle coppie di valori :

w_n=0.8 e w_a=0.2 w_n=0.7 e w_a=0.3 w_n=0.6 e w_a=0.4

I coefficienti rappresentativi della componente antropica sono legati alla distanza reciproca tra i diversi punti di interesse, la lunghezza e tipologia delle aste che collegano i centri e il traffico medio che tali arterie supportano e mentre i valori che rappresentano l'influenza dei fattori naturali è legato alle le condizioni ambientali e meteo più frequenti sull'area. In ragione di tali evidenze una generalizzazione di tali valori è difficile, poiché i fattori che li influenzano sono molteplici, da analizzare in relazione al particolare caso studio; in relazione alla caso di Rovigo si opta per una combinazione lineare con coefficienti w_n=0.7 e w_a=0.3, poiché i punti di interesse risultano scarsamente distribuiti sul territorio, ma sono ricadono entro i centri urbani maggiori, generando così una scarsa dispersione di aree congestionate e più vaste, mentre i fattori a carattere ambientale presentano una diffusione più omogenea, soprattutto per quanto concerne le tematiche del rischio idrogeologico .

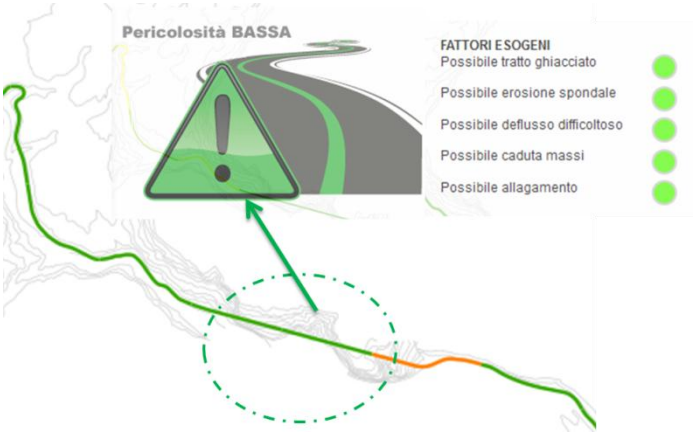


Figura 119: Esempio di Indicatore di pericolosità indotta da Fattori Ambientali, Viamont

7.2.3 ANALISI INCIDENTALE

Analisi incidentale attinge alle teorie di matrice reattiva, ossia che tendono all'analisi degli effetti dell'insicurezza stradale sulla base dei dati incidentali storici. Emerge tuttavia che il semplice conteggio degli eventi verificatisi in un determinato periodo di tempo in corrispondenza di un sito non è sufficiente a rappresentare una misura della performance di sicurezza. L'analisi incidentale rappresenta una fase complementare alla valutazione dei fattori di insicurezza di una strada, poiché dallo studio della localizzazione, tipologia e gravità degli incidenti è possibile identificare i tratti stradali che presentano maggiori concentrazioni di sinistri, imputabili a

elementi funzionali e strutturali dell'opera o a cattiva interazione tra le componenti del Sistema Strada, al fine di coglierne i rapporti di causalità.

All'interno dell'ottica di prevenzione infatti, l'analisi incidentale è orientata a individuare le aree in cui potenziali cause di insicurezza hanno già espresso il loro potenziale di pericolosità, così da stabile una priorità di intervento sui vari siti in relazione alla magnitudo delle conseguenze e al loro potenziale di miglioramento, e contemporaneamente individuare e circoscrivere le aree in cui il rischio incidentale è al raggiungimento della soglia di accadimento di incidente, attraverso l'analisi delle caratteristiche strutturali e comportamentali degli utenti, al fine di mitigare le cause che possono generare eventi critici.

Ai fini dell'efficacia del metodo la disponibilità di dati incidentali aggiornati, accurati in termini descrittivi dell'evento e di posizionamento geografico giocano un ruolo fondamenta ai fini di far emergere, all'interno di un'ottica integrata tra fenomenologa ed ambiente stradale, le possibili relazioni. Informazioni sulle caratteristiche della strada, parametri descrittivi delle condizioni di esercizio e dati incidentali costituiscono la base informativa per una metodologia di anali si di tipo preventivo.

La metodologia più impiegata consiste quindi nell'analisi dei punti neri per la viabilità, ovvero dei Black Spot, che consistono in particolari aree in cui si riscontra una concentrazione spaziale, frequenza temporale e tipologia maggiore rispetto ad altri tratti della stessa rete.

Tale problematica può essere affrontata, a seconda della dimensione territoriali a cui è rivolta ed al grado di approfondimento richiesto, attraverso diversi strumenti matematici e statistici che consentono la valutazione del fenomeno. Ad oggi il Tasso di Incidentalità, il Tasso di Mortalità e di Ferimento risultano gli strumenti più efficaci poiché, come già precedentemente esposto al Capitolo2, riportano nella loro definizione analitica il concetto di esposizione, considerando la variabile dei flussi di traffico e la normalizzazione sulla lunghezza del segmento. Tuttavia anche tali indicatori risultano di tipo relativo, così da essere in linea con lo spirito della metodologia.

Individuazione delle aree critiche tramite Mappe incidentali

La rappresentazione di mappe incidentali consente di individuare i punti neri per la mobilità e , grazie a strumenti GIS è possibile analizzare le diverse tipologie di incidente in relazione alla loro localizzazione. Tale tipologia di analisi è particolarmente utile in fase preliminare e per scale territoriali vaste, al fine di fornire indicazioni sulle aree su cui concentrare analisi successive più dettagliate, come evidenziato in Figura 120. Tale fase necessita solo del grafo di rete e della banca dati incidentali,

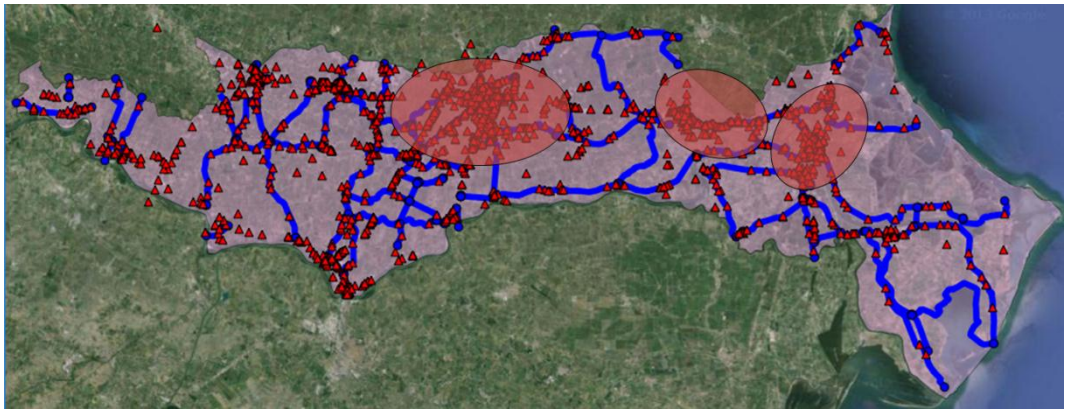


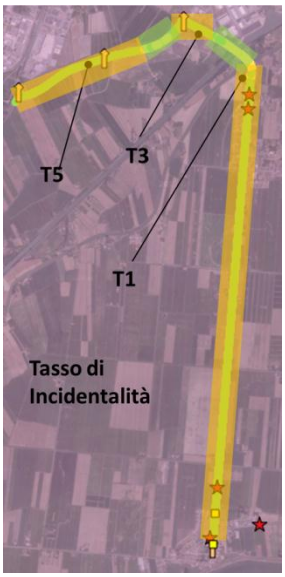
Figura 120: Individuazione delle arre a maggior concentrazione incidentale da Mappa

Classificazione dei tratti ad elevata incidentalità mediante indicatori

La classificazione dei tratti della rete secondo l'incidentalità si basa sul calcolo di idonei indicatori sulle sezioni omogenee classificati in fase preliminare: lo scopo è quello di analizzare la variabilità del fenomeno incidentale e le aree di concentrazione dei sinistri, anche in relazione alle caratteristiche dell'infrastruttura stradale, al fine di cogliere particolari relazioni nel sistema strada-veicolo-uomo, così da porre in atto azioni di mitigazione.

L'analisi presuppone da un lato la scelta dei criteri e degli indicatori più adatti a rappresentare il fenomeno, determinando così il grado di approfondimento: come riportato della norma italiana di riferimento in materia di sicurezza si prediligono come indicatori i Tassi di Incidentalità, poiché essi sono in grado di fornire adeguate informazioni circa la pericolosità di ogni tratto stradale in funzione del suo utilizzo basato nel periodo di riferimento, in particolare è possibile specificare tali tassi ai soli incidenti che hanno causato o morti o feriti, fornendo importanti conducendo così alla classifica delle tratte ai fini della programmazione degli interventi.

La Figura 121 riporta il calcolo del Tasso di Incidentalità sulla Sp05 di Rovigo: tale analisi ha valore esemplificativo poiché la banca dati di soli 2 anni di osservazione (2009-2010) non fornisce un supporto statistico significativo, inoltre nel tratto in esame non si sono verificati incidenti mortali nel periodo di riferimento; inoltre si è ipotizzato un valore per il TGM costante per tutte le sezioni omogenee che compongono la strada e nel periodo di riferimento, per mancanza di dati significativi. Si nota infatti che, nonostante il numero diverso di incidenti, i tratti T1 e T4 presentino lo stesso valore per il tasso incidentale, proprio a caso dell'influenza dell'estensione della sezione omogenea stessa: la stessa influenza si sarebbe riscontrata con dati di traffico più dettagliati: i parametri rappresentativi l'infrastruttura e il suo uso introducono un grande grado di miglioramento dell'analisi.



Tratto	Lunghezza [km]	Incidenti	Morti	TI [inc/10^6 veic]
T1	4.6	6	0	0.362
T2	1	0	0	0
T3	1.5	1	0	0.185
T4	2.5	3	0	0.333

Figura 121: Tasso Incidentalità SP 05 di Rovigo

Tale metodologia presuppone la disponibilità di una consistente base di dati incidentali quali: caratterizzazione in sezione omogenee dell'infrastruttura sottoposta ad indagine e rilievi di traffico temporalmente omogenei alle altre fonti informative. I criteri per la definizione dei tratti critici incidentali sono realizzati con metodo relativo, individuando cioè i parametri di soglia sulla base delle caratteristiche della rete: per ovviare a tale condizione la norma suggerisce, al

fine di premiare la confrontabilità tra situazioni differenti, la traduzione della condizione incidentale in termini monetari, introducendo l'Indicatore *SAPO SAfetyPOtential*.

Il "Potenziale di Sicurezza" fornisce una classificazione della sicurezza della rete in funzione del loro potenziale miglioramento in termini di livelli di sicurezza e abbattimento dei costi sociali legati al fenomeno, evidenziando quindi i tratti della rete in cui azioni di mitigazione apportano i maggiori benefici. Elemento fondamentale è la traduzione in termini economici delle conseguenze dei sinistri sugli utenti, ricorrendo alla definizione di "costo sociale medio" (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2010).

Secondo quanto definito dal Decreto n.35 il Potenziale di Sicurezza rappresenta " la differenza tra il costo sociale annuo che caratterizza ilo singolo tratto omogeneo e il valore atteso del costo sociale annuo per un equivalente tratto di una infrastruttura correttamente progettata e manutenuta appartenente alla medesima categoria"

SAPO= DCI-BDCI (k€/km * anno),

dove:

DCI: densità media del costo incidenti = CAI/L

CAI (k€/anno)= costo medio annuo incidenti = $(Nm*Cm+Nf_G*Cf_G + Nf_L *Cf_L)$

Nm, Nf_G , Nf_L sono rispettivamente numero di morti, feriti gravi e lievi;

Cm, Cf_G , Cf_L (k€) sono i rispettivi costi medi dei morti, feriti gravi e feriti lievi

L (km) è la lunghezza del tratto stradale.

BDCI=valore base densità media costo incidenti = $(BTCI *365*TGM/10^6)$

BTCI [121](€ /1000* veic*km)= tasso base del costo degli incidenti

TGM= traffico giornaliero medio.

Tale indicatore non da informazioni sulla tipologia di fenomeno caratterizzante la tratta omogenea, quindi deve essere preceduto in ogni caso dalle fasi di analisi della rete, analisi incidentale.

Ad oggi non sono state effettuate analisi nei due contesti di riferimenti dei progetti di Viamont e Sicuri Sulle Strade, da un lato perché non sono state ancora fissati i riferimenti stringenti per strade non appartenenti alla rete TEN, rendendo poco significativi i risultati delle analisi, e dall'altro per la base di dati poco consistente, inferiore ai 3 anni di osservazione degli incidenti e mancanza dei rilievi di flusso di traffico aggiornati.

L'introduzione del SAPO consente però di rendere comparabili situazioni aventi caratteristiche strutturali ed incidentali diverse, al fine di compier, in fase di programmazione, le scelte che conducano ai maggiori benefici in termini di sicurezza stradale. L'analisi in termini economici rappresenta la parte conclusiva di un processo preliminare che parte da una valutazione più qualitativa a scala vasta delle caratteristiche della rete e del fenomeno dell'incidentalità, per porre le basi della successiva fase di analisi delle prestazioni di sicurezza per l'infrastruttura.

[121] Quali valori di riferimento si assumono, da letteratura:
-7.6 €/(1000*veic*km) per tratti autostradali
-24 €/(1000*veic*km) per tratti extraurbani della viabilità ordinaria.

7.3 Analisi delle prestazioni di sicurezza della strada

Sulla base delle analisi svolte nella fase preliminare è possibile individuare le aree che necessitano di indagini più approfondite poiché soggette a fenomeni incidentali più frequenti, più gravi e caratterizzati da analogie, al fine di metterei in atto azioni mirate alle criticità riscontrate.

L'obiettivo di tale fase è quello di acquisire una conoscenza approfondita dell'infrastruttura stradale in relazione alla mobilità sicura, analizzandone gli aspetti compositivi e costruttivi sulla base dei dati che costituiscono il *Road Model*, col fine di ottenere una caratterizzazione delle performances di sicurezza della strada, descritte attraverso degli indicatori specifici, relativi a diversi aspetti dell'infrastruttura stradale. Il *Road Model* infatti viene disaggregato in una serie di gruppi tematici in grado di offrire una compiuta descrizione di aspetti compositivi e strutturali della sede stradale, successivamente classificati in relazione all'effetto che il loro stato conservativo o la loro presenza può generare sulla sicurezza stradale. L'organizzazione dei sottosistemi e i loro contenuti informativi sono desunti dalla struttura delle "Schede Controlli" per le attività di ispezione nell'esecuzione della *Safety Review*, contenute nelle Linee Guida per la Gestione della Sicurezza delle infrastrutture stradali (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2011), riportate in Appendice 2. Le schede presentano un'analoga struttura ma contenuti diversi in relazione all'ambito territoriale, alla tipologia di strada, e in funzione all'elemento considerato (tratto stradale o intersezione): i diversi aspetti presenti nelle schede, e valutati dai tecnici mediante una serie di giudizi durante la fase ispettiva si trasformano, nel metodo *Safe Smart Road*, nella classificazione, integrazione ed aggregazione di fonti dati, sulla base di criteri forniti dalla letteratura e dalla sensibilità del tecnico, per creare uno strumento in grado di effettuare una valutazione del livello di performance di sicurezza legati esclusivamente alle caratteristiche dell'infrastruttura.

Tale strumento è identificato in un indicatore che sintetizza, attraverso un sistema di pesi e valutazioni, tutti gli aspetti che, in relazione al territorio di indagine, possono influire sul tema della sicurezza stradale, e far emergere, anche attraverso il confronto con altri fonti informative, esigenze reali per la mitigazione del rischio incidentale.

7.3.1 BASE ANALITICA E RAPPRESENTATIVA DEL MODELLO

Lo strumento frutto dell'analisi delle performance di sicurezza della strada è la sintesi dei dati che afferiscono al *Road Model*, elaborati e valutati sulla base di criteri condivisi e formulati anche in relazione alle caratteristiche del territorio e della rete. E' evidente che anche in questa fase il contesto territoriale e la scala d'indagine giocano un ruolo basilare, anche nella scelta dell'unità minima di riferimento per l'analisi e per la creazione di una base analitica e rappresentativa idonea. La scelta dell'unità minima di analisi è legata alla risoluzione spaziale e quindi all'accuratezza richiesta e alla scala d'indagine: generalmente per analisi a livello di rete si opta per uno sviluppo chilometrico , per analisi a livello di itinerario o di tratta stradale si scende fino a unità spaziali di 100m , soprattutto in una fase avanzata dell'analisi.

La scelta dell'unità minima definisce il livello di aggregazione delle fonti dati utilizzate e della realtà modellata: per la maggiore omogeneità delle caratteristiche generalmente in ambito extraurbano si opta per una unità minima di analisi fino ad 1km, mentre in ambito urbano, per la densità delle interazioni e per la varietà del paesaggio si predilige una unità spaziale inferiore ai 500 m.

Anche la scelta della struttura della base analitica è orientata alle finalità specifiche di analisi e influenzata dalla dimensione territoriale; sono stati sperimentati due approcci:

Grid: sovrappone al grafo di rete una struttura a griglia di maglio quadrata, pari alla dimensione dell'elemento minimo, che riporta, in corrispondenza di ogni elemento la sintesi di tutti i fattori considerati, cioè un valore dell'indicatore calcolato dalla combinazione lineare dei diversi strati informativi, e cui è fatta corrispondere una rappresentazione grafica. Tale tipologia di analisi si presta nel caso di scala territoriale più vasta, grazie all'estrema capacità di sintesi e semplicità di aggiornamento, perdendo tuttavia la centralità dell'elemento stradale a favore di una visione globale sulla problematica della mobilità sicura.

Ai fini del calcolo, l'approccio a *Grid* produce un livello maggiore di approssimazione poiché, essendo l'elemento di calcolo a geometria fissa, non segue perfettamente l'andamento della strada, introducendo imprecisioni e una tendenza ad assumere come valore rappresentativo dei diversi fenomeni all'interno della cella il valore medio, perdendo talvolta delle caratteristiche locali. L'indicatore infatti è dato dalla somma di fattori giudicati e pesati globalmente :

$$I = \frac{1}{Cost} \cdot \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot V_i \cdot \gamma_{i,k}$$

Dove:

n: numero di fattori che formano l'indicatore

P_i: peso sul tema della sicurezza attribuito al fattore;

V_i: è la valutazione attribuita al fattore considerato entro la cella, molto spesso identificato con la media del valore;

$\gamma_{i,k}$: è un fattore di correlazione che considera le mutue dipendenze che intercorrono tra alcuni fenomeni considerati.

Cost : sistema di costanti di normalizzazione del modello

Lineare: la strada è rappresentata come elemento lineare su cui sono proiettati gli effetti dei vari fattori, seguendo pedissequamente la geometria dell'elemento come successione di unità spaziali elementari di estensione fissa. La struttura consente un'ottima analisi degli elementi lineari, poiché ognuno viene rappresentato nella sua estensione reale complessiva, e normalizzato rispetto alla lunghezza base e del segmento, mentre ad ogni elemento puntuale viene associata una estensione longitudinale, scelta in base all'estensione dell'elemento base, così da applicare lo stesso metodo dell'elemento lineare.

Il metodo è particolarmente adatto per analisi in cui il fattore primario è la strada, adatto a sistemi che hanno come base una struttura di Catasto delle Strade, poiché il metodo basato sullo sviluppo longitudinale richiama il sistema di riferimento per ascissa curvilinea proprio di tale sistema. Il metodo è particolarmente adatto nel caso di studio di strade o porzioni di rete caratterizzate da un dettaglio maggiore. L'indicatore I generico può essere definito mediante la formulazione matematica:

$$I = \sum_{k=1}^{m} P_k \cdot F_k = \sum_{k=1}^{m} P_k \cdot \sum_{i=1}^{n} \frac{l_i}{l_{tot}} \cdot C_i$$

Dove

m: numero di fattori da sommare che compaiono dell'indicatore

P_k : valore rappresentativo del peso, ovvero dell'influenza, che ciascun fattore riveste in relazione alla tematica in analisi;

F_k : valore complessivo del fattore considerato k sull'elemento lineare, definito come:

$$F_k = \sum_{i=1}^{n} \frac{l_i}{l_{tot}} \cdot C_i$$

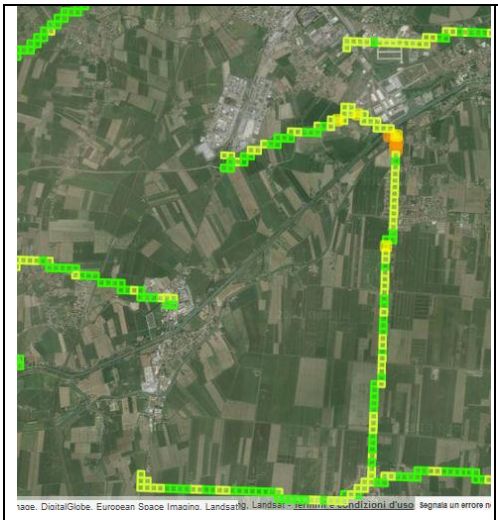
l_i: presenza in termini di estensione del fattore C_i nell'elemento lineare, di estensione l_{tot};

C_i: valore assunto dal fattore all'interno dell'elemento minimo.

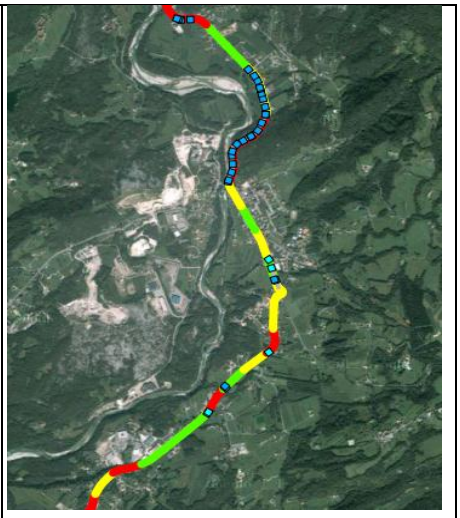
I dati che formano i diversi strati informativi sono descrittivi, mediante dei valori numerici , delle caratteristiche dell'infrastruttura e dell'ambiente: il metodo è orientato a fornire uno strumento in grado di operare tale traduzione e una sintesi, nell'ottica della sicurezza stradale.

La Figura 122 riporta il confronto tra il metodo *Grid* applicato nel progetto Sicuri sulle Strade, realizzato a Rovigo: l'indicatore matematico, calcolato per ogni cella della Grid, è stato tradotto in tre livelli, rappresentati mediante una legenda semaforica, estesa a tutta la rete stradale di competenza Provinciale; la metodologia consente una rapida visione delle aree su cui insistono i problemi per la mobilità, fornendo un unico valore sintesi di tutto il processo.

L'approccio lineare conserva visivamente il reale andamento del tracciato, poiché l'elemento minimo ha una estensione fissa che segue l'ascissa curvilinea: il metodo è adatto a integrazione con altri strati informativi quali quelli del Catasto delle Strade, da cui si origina. La Figura 122 b) riporta infatti l'indicatore di performance di sicurezza, con sovrapposto il layer del database del Catasto che riporta la distribuzione delle barriere di sicurezza.



a)Approccio Grid - Progetto Sicuri sulle Strade



Approccio Lineare – Progetto Viamont Street Lab

Figura 122: Confronto metodo Grid e metodo Lineare

7.3.2 LA COMPONENTE GEOMETRICA E STRUTTURALE AI FINI DELLA SICUREZZA STRADALE

Il primo sottoinsieme di informazioni analizzato afferisce alla descrizione topologica, geometrica del tracciato stradale. L'obiettivo è quello di giungere, attraverso la valutazione e la combinazione di tali strati informativi, ad un indicatore "Geometria e Struttura" in grado di descrivere gli elementi basilari della conformazione della strada.

7.3.2.1 Fattori e criteri della componente geometrica e strutturale

Elemento stradale o intersezione

L'analisi del grafo di rete consente di articolare una prima suddivisione, in archi e nodi, orientata all'individuazione dei punti di intersezione. Esse infatti rappresentano dei punti importanti per la viabilità, in corrispondenza dei quali i soggetti alla guida attuano un cambiamento del loro regime di marcia e compiono delle manovre che generano punti di conflitto con le altre correnti veicolari. E' evidente che le diverse tipologie di intersezione, in relazione delle interazioni che si instaurano tra le correnti di traffico, introducono elementi di pericolosità differenti.

Analisi Planimetrica

La conoscenza dell'andamento planimetrico del tracciato è un elemento fondamentale ai fini della sicurezza stradale poiché, non solo è il principale fattore di interazione con l'utente, anche in termini di visibilità e comfort, ma ed essa è legata anche la stabilità del veicolo e diversi aspetti della progettazione stradale. E' evidente che i diversi elementi componenti il tracciato planimetrico (rettifilo, circonferenza, clotoide),generano livelli di rischio diversi per l'utente: diversi autori hanno valutato la loro influenza giungendo alle seguenti conclusioni (Canale S, et al., 2009) :

- in curva: la percentuale di incidenti è maggiore da 1.5 a 4.5 volte rispetto alla condizione di rettifilo;
- le conseguenze dei sinistri che avvengono in curva sono più gravi;
- le fuoriuscite in curva sono molto frequenti
- gli incidenti in curva si concentrano in corrispondenza delle estremità.

In virtù di tali fenomeni bisogna considerare che, anche i tracciati progettati con i migliori accorgimenti presentano situazioni di rischi legato al tracciato planimetrico, e agli effetti che esso genera sull'utente. Sono stati impiegate per la classificazioni le soglie esposte in fase preliminare.

Analisi Altimetrica

La geometria altimetrica è un elemento importante ai fini della sicurezza stradale poichè legata alla stabilità del veicolo, alle condizione di comfort, percezione e visibilità dell'utente e alle condizioni di marcia dei veicoli in relazione alle loro prestazioni. Gli elementi componenti il tracciato altimetrico sono livellette, ovvero tratti di retta a pendenza costante, e raccordi verticali parabolici, concavi o convessi, che presentano un ruolo diverso ai fini della definizione della pericolosità di un tracciato stradale; studi in materia hanno evidenziato che il numero di incidenti cresce proporzionalmente con la pendenza longitudinale, riscontrando una frequenza e gravità maggiore in caso dei tratti in discesa, afferitile principalmente a problemi di instabilità e frenatura con particolare riferimento ai mezzi pesanti. Sono stati impiegate per la classificazioni le soglie esposte in fase preliminare.

Pendenza trasversale

La pendenza trasversale è una caratteristica geometrica del tracciato che assume una valenza fondamentale in determinate condizioni dell'infrastruttura poiché legata alla stabilità del veicolo in curva e a fenomeni di aderenza: in caso di pioggia, elevate velocità in curva la pendenza trasversale è necessaria a compensare eventuali carenze di aderenza e contribuisce alla stabilità al veicolo. Tale caratteristica è fortemente legata alla geometria planimetrica, quindi sarà ad essa correlata, sarà valutata solo in presenza di curve strette o in aree particolarmente piovose dove

c'è la possibilità di ristagno idrico e cattivo deflusso. In linea generale si possono adottare i seguenti criteri di valutazione, suscettibili di correzioni in relazione alle particolari condizioni del luogo de della tipologia di strada.

Gallerie

La presenza opere d'arte può introdurre elementi di rischio nel computo delle performance di sicurezza di una strada, poiché essa agisce in maniera particolare sia sull'aspetto percettivo e comportamentale dell'utente, e sia sul danno che può seguire ad un evento incidentale, poiché un'area confinata può generare scenari più gravosi in termini di conseguenze. Tuttavia uno studio internazionale condotto nell' *Handbook of road safety measures* evidenzia il miglior livello di sicurezza di gallerie rispetto alle equivalenti condizioni a cielo aperto, condizione legata da un alto agli accorgimenti strutturali che vengono adottati e dall'altro alla condotta di guida più attenta dell'utente; la stessa fonte infatti riconosce le zone di transizione come quelle più soggette e incidente. E' indubbia l'elevato rischi oche accompagna la possibilità di incendi in galleria, che rappresenta una situazioni di maggior pericolo che una infrastruttura stradale possa generare.

Ponti viadotti

La presenza di opere di scavalcamento come ponti e viadotti introduce un grado di rischio in relazione alla variazione della sezione stradale e al condizionamento che tale elemento introduce sull'utente, e alla conseguenze che un incidente può generare. In linea generale si possono considerare i seguenti parametri di valutazione:

Accessi

Gli accessi rappresentano dei punti singolari in corrispondenza dei quali è possibile che si verifichino manovre e interferenze con le correnti di traffico. Specialmente in area urbana una consistente densità di accessi può rappresentare un pericolo per la mobilità. La massima distanza accettabile tra accessi consecutivi è regolata dal Nuovo Codice della Strada, all'art.45., in relazione alla diversa tipologia di strada; in base a tali valori si definisce una densità critica che delinea il confine dell'analisi.

7.3.2.2 Indicatore delle Caratteristiche Geometriche e Strutturali

L'Indicatore delle Caratteristiche Geometriche e Strutturali rappresenta la sintesi delle valutazioni condotte dal tecnico in relazione a tutti i fattori considerati influenti sulla stima delle performance di sicurezza della strada. L'integrazione di stati informativi classificati sulla base di criteri generali (desunti da normativa di riferimento in materia di progettazione strade e gestione infrastrutture, letteratura specifica e casi studio di riferimento), eventualmente corretti in funzione della particolare realtà analizzata, consentono la creazione di un indicatore di tipo relativo in grado di mettere in evidenza, in relazione alla rete analizzata, le aree in cui le caratteristiche geometriche e strutturali non assolvono a pieno ai requisiti reputati necessari per assicurare agli utenti condizioni di mobilità sicura, rapportate all'elemento critico assoluto per le caratteristiche analizzate(costruito assumendo tutti i fattori nelle loro peggiori condizioni).

I criteri proposti ed i fattori considerati hanno lo scopo di essere un riferimento per la metodologia che necessita di essere plasmata in funzione delle peculiarità della rete stradale, e specialmente in base alla classe funzionale di appartenenza delle strade; di conseguenza il livello di dettaglio considerato è conforme ad un'analisi a livello di rete e di singolo itinerario, ma l'approccio può essere trasposto a scala minore, quindi di sezione di poche decine di metri, al fine di analizzare criticità localizzate attraverso la scelta di una base analitica adeguata e

l'impiego di fonti dati più accurate del Road Model, come i modelli tridimensionali da laser scanner.

Analogamente il sistema dei Pesi necessari alla realizzazione della combinazione lineare dei diversi fattori, atti a definire l'apporto che ognuno di essi può generare sul tema della sicurezza stradale, presuppone una valutazione su scala generale, effettuata in fase di analisi preliminare, con la necessità di essere tarata in relazione al territorio e alla rete stradale stessa. Ad esempio un fattore come l'andamento planimetrico del tracciato esercita generalmente una grande influenza sul tema della sicurezza poiché fortemente legato alla percezione umana, mentre l'aspetto altimetrico è aggravato dalla la presenza di determinati agenti atmosferici che si riscontrano prevalentemente in ambiente montano, come ghiaccio, o ristagni idrici.

Tale indicatore è di fondamentale importanza ai fini della valutazione della sicurezza stradale, poiché determina uno dei maggiori fattori d'interazione uomo-strada, ed è fortemente influenzato dal contesto territoriale.

7.3.3 CARATTERIZZAZIONE DELLA SEZIONE STRADALE

La composizione della sezione trasversale ha un ruolo importante ai fini della sicurezza stradale poiché essa definisce lo spazio dedicato alle varie correnti di traffico e alle varie classi veicolari, determinando le interazioni interne al flusso. La corretta progettazione della piattaforma stradale e dei suoi elementi compositivi è un presupposto inderogabile per garantire una adeguata offerta di trasporto e standard di sicurezza e comfort adeguati. Si analizzano di seguito i fattori ritenuti indispensabili alla definizione dell'apporto della composizione della sezione trasversale dell'infrastruttura ai fini della valutazione globale delle sue performance di sicurezza.

7.3.3.1 Fattori e criteri della componente sezione stradale

Larghezza carreggiata

La larghezza della carreggiata, delle corsie e il loro numero sono elementi decisivi per definire lo spazio a disposizione dell'utente. In fase di analisi si opera una valutazione per senso di marcia a partire dalla direzione con ascissa curvilinea crescente, e successivamente si valuta l'indicatore composito dei due sensi di marcia, operando una sintesi cautelativa.

Per definire i limiti della larghezza di ogni corsia si fa riferimento, in relazione alla tipologia di strada, alle prescrizioni progettuali riportate nel DM 5/11/2001, (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti , 2001 b), eventualmente corrette in relazione alle condizioni della rete oggetto di studio; in base a tale procedura vengono definiti dei limiti che permettono una valutazione dell'influenza di tale caratteristica.

Studi di letteratura riportano che in caso di corsie strette, gli incidenti per fuoriuscita laterale e collisione frontale risultano frequenti, mentre i tassi di incidentalità sembrano aumentare al crescere delle dimensioni della corsia a causa di una tendenza ad aumentare la velocità; tale situazione si fa più evidente in area urbana in cui, un allargamento della corsia corrisponde un tragitto più lungo di attraversamento per i pedoni e in corrispondenza di manovre per i veicoli.

E' inoltre importante conoscere il numero di corsie formanti la carreggiata, poiché la presenza di due corsie per senso di marcia può innalzare il grado di interazioni e quindi la pericolosità, e l'eventuale separazione tra le carreggiate.

Banchina

La presenza di banchine (spazi a bordo corsia liberi da ogni ostacolo) produce effetti positivi per la sicurezza poiché assicura uno spazio a margine ulteriore, soprattutto nel caso di banchina pavimentate studi internazionali evidenziano riduzione incidentale di circa il 10%. Mentre la banchina in destra deve essere sempre presente e varia la sua larghezza in funzione della tipologia di strada, quella in sinistra non è sempre necessaria.

Spartitraffico centrale

L'inadeguatezza o la mancanza dello spartitraffico, nei casi in cui esso è previsto secondo normativa, genera un abbattimento dei livelli di sicurezza sull'infrastruttura; esso è definito come lo spazio centrale della sezione stradale, non carrabile, preposto alla separazione fisica delle correnti di traffico. Studi internazionali (Elvik R. et al, 1994) riportano che l'introduzione di tali elementi produca un abbattimento dei livelli incidentali del 30% .

Dispositivi di ritenuta

I dispositivi si ritenuta (barriere ed attenuatori d'urto) sono orientati ad abbattere le consulenza dell'incidente stesso, e per questo sono definiti tra gli interventi di sicurezza passiva; il riferimento normativo cui afferiscono è il DM 2367 del Giugno 2004 (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2004). La loro assenza nei casi in sui siano previsti produce un notevole aumento del rischio incidentale; tra i casi più frequenti previsti da normativa si considera la stretta necessità ai margini di tutte le opere d'arte, nello spartitraffico, a protezioni di ostacoli (frontali e laterali) che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada.

Ostacoli fissi

Ai fini della valutazione delle performance di sicurezza si considerano nel computo tutti gli elementi che possono rappresentare un ostacolo , un punto di impatto o che possa innescare un sinistro stradale, o che possa rappresentare un ostacolo alla visibilità dell'utente che sia compreso nella piattaforma o a bordo strada; gli ostacoli più frequenti sono identificati in: alberi (che spesso non vengono rimossi nonostante la lori pericolosità per motivi ambientali), pile e spalle dei ponti, supporti per illuminazione, pali di servizio, ostacoli puntati, segnaletica e cartellonistica. In particolari condizioni gli stessi dispositivi di ritenuta possono rappresentare un pericolo: è tipicamente il caso dei terminali delle barriere e delle transizioni tra barriere con diverse caratteristiche.

Fermate TPL

La presenza di fermate del Trasporto Pubblico Locale è considerata un punto singolare in materia di sicurezza stradale poiché contrassegna aree in cui si verifica marcia irregolare dei mezzi di trasporto, sorpassi e attraversamento pedoni, aumentando il livello delle interazioni tra le correnti di traffico.

Marciapiede

L'assenza di uno spazio dedicato al transito di pedoni, ove previsto rappresenta una grave mancanza ai fini della sicurezza, così come la sua inadeguatezza. Tale aspetto coinvolge particolarmente l'ambito urbano, dove le interazioni tra flussi veicolari e pedonali è più densa e confinata in spazi ristretti, incrementano la maglia di interazioni, a scapito della sicurezza. Si rende quindi necessario valutare la presenza e l'adeguatezza di tali elementi costruttivi.

Itinerario ciclopedonale e

La presenza di spazi dedicati alle utenze deboli è un elemento positivo per il computo della sicurezza stradale offerta da un itinerario, poiché tende alla riduzione di interferenze tra classi di utenze che presentano caratteristiche molto diverse.

7.3.3.2 Indicatore Sezione stradale

L'indicatore "Sezione stradale" deriva dalla combinazione lineare degli strati informativi che producono una valutazione dello stato manutentivo e delle eventuali carenze degli spazi modulari e degli elementi che determinano la composizione della sezione stradale, in relazione all'obiettivo di determinare il loro apporto sulle performance di sicurezza. Anche in questo caso i criteri forniti e i pesi attribuiti ai singoli fattori è frutto di analisi di letteratura e riferimenti normativi, presupponendo in fase di applicazione del metodo, un'analisi in grado di determinare i fattori ed i criteri più adatti alla situazione in esame e l'elemento critico ideale di confronto per la normalizzazione a livello di rete considerata. I fattori che meritano particolare importanza risultano essere la valutazione della larghezza stradale, e ove necessari ed in caso di strade altamente trafficate, spartitraffico e dispositivi di ritenuta, la presenza di marciapiede soprattutto in area urbana. L'importanza di tale indicatore è molto evidente in fase di pianificazione degli interventi, poiché consente di evidenziare punti di criticità locali dovute a mancanze strutturali, risolvibili spesso interventi efficaci e poco onerosi ai fini di mitigare le cause incidentali e gli effetti degli stessi. In un'ottica di innovazioni infatti tale indicatore è rappresentativo della caratteristiche di Forgiving Road, cioè della caratteristica della strada di minimizzare le situazioni incidentali correggendo il comportamento degli utenti.

7.3.4 CARATTERIZZAZIONE DEGLI ARREDI FUNZIONALI

La presenza di dispositivi in grado di rendere più confortevole la fruizione della strada in diverse condizioni di illuminazione e favorire il meccanismo di percezione dell'utente sono elementi fondamentali per abbattere l'insorgere di comportamenti scorretti nell'utente alla guida. Ai fini della valutazione delle performance di sicurezza della strada ci si limita, in questo caso , all'analisi della conformità della segnaletica e dei dispositivi di illuminazione.

7.3.4.1 Fattori e criteri della componente arredi funzionali

Segnaletica

La presenza di idonea segnaletica è un elemento fondamentale per garantire condizioni di esercizio compatibili con gli standard di sicurezza, poiché contribuisce all'azioni di guida che la strada svolge sull'utente: essa rappresenta l'elemento di comunicazione diretta classica tra utente e strada. Ai fini della valutazione della sicurezza stradale non è infatti necessario un inventario della segnaletica presente, ma è più efficace riuscire a valutare se la funzione di trasferimento di informazioni si realizza a pieno tramite la segnaletica disponibile, e se essa presenta un buon stato manutentivo. Sia per la segnaletica verticale che per quella orizzontale si valuta la congruenza e la leggibilità: molti sinistri infatti sono imputabili alla mancata adeguatezza della segnaletica a causa di usura, scarsa visibilità e errato posizionamento, o al limite, assenza. In particolare la segnaletica orizzontale svolge la funzione di guida ottica, per il corretto posizionamento entro la corsia e l'interpretazione dell'andamento dell'asse stradale.

Illuminazione

La funzione dell'illuminazione è quella di garantire condizioni di comfort sicurezza e visibilità nelle ore notturne paragonabili con quelle diurne: la principale causa di pericolosità della guida

nelle ore notturne in assenza di adeguata illuminazione risiede nella minore qualità e quantità di informazioni visive che giungono all'utente e che sono indispensabili, in assenza di dispositivi di assistenza alla guida, per garantire una corretta condotta. L'illuminazione fornita dai fari del veicolo non sono sufficienti a fornire la visione prospettica, alla base della percezione dello spazio stradale e del proprio livello di rischio accettato: da tali considerazioni appare fondamentale il ruolo di un efficace sistema di illuminazione stradale. Studi di letteratura dimostrano che, in relazione alla tipologia di strada, illuminazione può portare ad una riduzione incidentale notturna dal 17 al 76%, con una predominanza di incidenti morali , e incidenti che coinvolgono pedoni e ciclisti.

7.3.4.2 Indicatore Arredi funzionali

L'indicatore degli arredi funzionali deriva dalla combinazione lineare degli strati informativi valutati secondo i criteri generali proposti: anche in questo caso essi non hanno carattere generale ma vanno orientati in relazione alla realtà analizzata, poiché la struttura dell'indicatore è di tipo relativo. La congrua presenza di tali elementi incoraggia l'utente verso comportamenti conformi agli standard di sicurezza: se la presenza di idonea illuminazione consente una corretta percezione del tracciato e degli elementi compositivi lo spazio stradale anche nelle ore notturne, la presenza di segnaletica assolve all'importante funzione di guida indicazione ed avviso che scoraggia l'insorgere di situazioni di pericolo per l'utente. La disponibilità di tale indicatore è fondamentale nella fase di analisi dei siti critici poiché consente di verificare la presenza di lacune funzionali che abbiano potuto condurre l'utente in errore e generare un sinistro.

7.3.4.3 Caratteristiche pavimentazione

La pavimentazione svolge il fondamentale ruolo di sostegno e trasferimento dell'azione dei carichi trasferiti dalle ruote, attraverso le sue caratteristiche di portanza, e garantisce regolarità di marcia attraverso il contatto con il pneumatico attraverso il meccanismo dell'aderenza. E' indispensabile che essa presenti adeguate condizioni di regolarità superficiali ai fini di garantire comfort e sicurezza agli utenti, soprattutto con riferimento ai motociclisti. Una valutazione sullo stato superficiale della strada diventa indispensabile.

7.3.4.4 Indicatore Pavimentazione

L'indicatore Pavimentazione è orientato a fornire un'informazione circa lo stato manutentivo e la presenza di irregolarità o ammaloramenti che possono inficiare la sicurezza stradale: si opta per una valutazione di tipo qualitativo sulla base dei dati che compongono il Road Model, poiché le informazioni contenute nel Catasto delle Strade non sono indicate a corrispondere tale esigenza conoscitiva: la possibilità di eseguire appositi rilievi con sistemi Mobile Mapping dotati di diverse tecnologie (fotografiche e laser) consente di effettuare sia una classificazione qualitativa di tipo globale per corrispondere alle esigenze primarie, e sia dettagliare le analisi fino a scala millimetrica mediante la ricostruzione di modelli tridimensionali. Disporre dell'Indicatore Pavimentazione è fondamentale nella fase di analisi degli interventi di mitigazione.

7.3.5 INDICATORE SAFE ROAD MODEL

Dall'integrazione di tali fattori si giunge alla costruzione di un indicatore in grado di caratterizzare l'infrastruttura stradale in tutte le sue componenti, nell'ottica della sicurezza stradale: l'Indicatore Geometria, l'Indicatore Sezione Stradale, l'Indicatore Arredi funzionali e l'Indicatore Pavimentazione, opportunamente combinati tra loro in relazione alla loro influenza sul tema della sicurezza stradale, generano un indicatore sintetico *Safe Road Model* rappresentativo delle prestazioni di sicurezza dell'elemento stradale, sulla base delle sue

caratteristiche geometriche e strutturali, desunte dal *Road Model,* ed opportunamente analizzate ed integrate. Anche in questo caso il sistema di pesi viene commisurato alla realtà territoriale analizzata e al livello di accuratezza richiesta dall'analisi. Lo scopo di tale indicatore è quello di fornire uno strato informativo di base da integrare con quelli rappresentativi delle caratteristiche ambientali e delle dinamiche incidentali, al fine di evidenziare le criticità effettive e potenziali per la rete in esame.

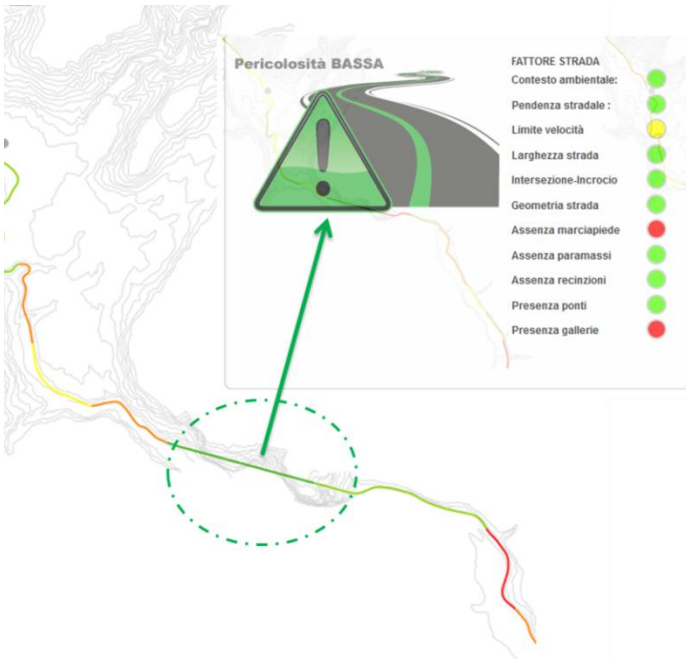


Figura 123: Indicatore Road Safe Model , Viamont

7.3.6 ANALISI DEI FATTORI PER DUE CASI APPLICATIVI

La metodologia precedente mente esposta nei suoi principi generali è stata applicata nei progetti "Sicuri sulle strade" nel territorio provinciale di Rovigo e in quello di "Viamont Street Model" realizzato lungo la SR 203 Agordina.

I due progetti si differenziano sia per la dimensione territoriale interessata, sia per le caratteriste ambientali riscontrate e sia per la finalità del progetto: tali peculiarità si riflettono anche nella struttura degli indicatori e nel grado di dettaglio richiesto.

"Sicuri sulle strade" adotta un approccio a scala vasta, finalizzato ad una caratterizzazione globale della rete stradale, al fine di fornire uno strumento orientato alla mitigazione dei fattori di rischio ed alla partecipazione dei cittadini mediante meccanismi wiki; il carattere dell'indicatore è più divulgativo, allo lo scopo di creare un canale di dialogo tra utenti ed Enti gestori, per una migliore governance territoriale e la creazione di una nuova cultura della sicurezza stradale. Lo strumento analitico implementato per la creazione di una "Mappa del Rischio", è un indicatore di pericolosità creato dalla sintesi di molto degli strati informativi analizzati precedentemente, sulla base di un approccio aggregato, proprio per mettere in evidenza gli effetti della coesistenza dei diversi fattori, piuttosto che favorirne un'analisi specialistica, finalizzato ad evidenziare le criticità riscontrate sulla rete provinciale, sulla base dei criteri riportati in Tabella 46.

Fattori misurati		Rischio	Mitigazione
Curva	accentuata	alto	
	dolce	medio	
Incrocio		medio	
Rotatoria		basso	
Pendenza longitudinale		basso	
Accessi laterali e passi carrai	1 o 2	basso	
	più di 2	medio	
Restringimenti e ostacoli		basso	
Fermata Trasporto Pubblico Locale		basso	
Aree urbane o ad alta densità		basso	
Qualità del fondo (manto e segnaletica)	scarsa	medio	
	mediocre	basso	
	buona		media
	ottima		buona
Illuminazione			buona
Percorsi protetti e piste ciclopedonali			buona
Banchina laterale	abbondante		media
	normale		buona
Barriere di protezione laterale	un lato		media
	entrambi i lati		buona
Densità di traffico	superiore alla media	medio	
	inferiore alla media		buona
Combinazione di più fattori			
Da 2 a più accessi in curva		medio-alto	
Fermata Trasporto Pubblico Locale e strada in pendenza		medio	
Incrocio e strada in pendenza		medio	
Strada in curva e in pendenza		medio-basso	
Area urbana non illuminata		basso	
Alberature a bordo strada in curva		medio-basso	
Incrocio con segnaletica orizzontale scarsa		medio	
Fermate Trasporto Pubblico Locale con segnaletica orizzontale scarsa		medio	

Tabella 46: Fattori componenti l'indicatore di pericolosità, Fonte "Sicuri sulle Strade"

Fattori legati alla geometria e struttura della strada sono integrati con parametri funzionali ed ambientali al fine di creare una sintesi della mobilità sicura sul contesto stradale provinciale.

Un approccio differente caratterizza il progetto Viamont Street Model, poiché esso si rivolge principalmente ed utenti tecnici, mediante una serie di strumenti web oriented e delle verticalizzazioni tecnologiche volte a specifici aspetti di gestione e manutenzione dell'infrastruttura, senza omettere però la possibilità di instaurare un processo collaborativo e di dialogo sui temi della sicurezza con gli utenti, attraverso un meccanismo di valutazione della percezione del rischio realizzata su base partecipativa con strumenti Wiki. La strada, nelle sue interferenze con l'ambiente e l'utente è il cuore del progetto, e le diverse tecnologie utilizzate strumenti innovativi per acquisire una conoscenza dettagliata dello spazio stradale e di come esso viene percepito, in un'ottica di innovazione tecnologica ed in riferimento del particolare ambiente montano in cui il progetto è calato, dove la componente naturale svolge un ruolo fondamentale. L'analisi condotta ad un livello di dettaglio molto elevato, soprattutto in corrispondenza di particolari aree identificate come a maggior rischio incidentale, analizza i fattori tematici riportati nelle Tabella 47e Tabella 48.

Fattore	Classe descrittiva	Classe numerica	Peso
Tratte potenziali caduta massi (Punti flussi detriti)	non suscettibili	0	3
	suscettibili	1	
Tratte soggette a ghiaccio	non suscettibili	0	3
	suscettibili	1	
Tratte potenziale erosione spondale	non suscettibili	0	1
	suscettibili	1	
Tratte potenziali allagamenti	non suscettibili	0	1
	suscettibili	1	
Deflusso difficoltoso	non suscettibili	0	2
	suscettibili	1	
Attraversamento Fauna	non suscettibili	0	1
	suscettibili	1	

Tabella 47: Fattori ambientali considerati nel calcolo dell 'Indicatore Fattori Esogeni, Viamont

Fattore	Tipo elemento	Classe	Limiti	Peso
Geometria	rettilineo	0	0	3
	curva larga	1	>118 m	
	curva stretta	2	<118 m	
Intersezioni	nessuna	0	/	2
	senza semaforo	1	/	
Larghezza Strada	larga	0	7.26m - 8.60m	2
	media	1	5.91m - 7.25m	
	stretta	2	4.55m - 5.90m	
Limiti Velocità	50	0	/	1
	70	1	/	
	90	2	/	
Pendenza	piano	0	/	1
	pendenza	1	/	
Uso Suolo	non urbano	0	/	1
	urbano rado	1	/	
	urbano medio	2	/	
	urbano denso	3	/	
Protezione corpo stradale - Recinzioni	presente	0	/	1
	non presente	1	/	
Protezione corpo stradale - Paramassi	presente	0	/	1
	non presente	1	/	
Sezione elemento stradale - Marciapiede	presente	0	/	2
	non presente	1	/	
Ponti	non presente	0	/	1
	presente con parapetto	1	/	
	presente no parapetto	2	/	
Gallerie	presente	0	/	3
	non presente	1	/	

Tabella 48: Fattori ambientali considerati nel calcolo dell 'Indicatore Strada, Viamont

Livello informativo	Tratta (m)	Analisi e classificazione	Altri attributi
Accessi puntuali	200	N° di accessi per tratta	Tipologia
Dispositivi di ritenuta	200	Percentuale con dispositivi di ritenuta	Classificazione e descrizione
Illuminazione	200	Percentuale con impianti di illuminazione .	
Impianti di controllo	200	N° di dispositivi di impianti semaforici	Tipologia
Impianti pubblicitari	200	N° di impianti pubblicitari per tratta	Tipologia, Testo
Pista ciclabile	200	Percentuale con la presenza di pista ciclabile.	
Pavimentazione	200	Class. dello stato della pavimentazione	
Segnaletica orizzontale	200	Class. dello stato della segnaletica orizzontale	
Geometria plano altimetrica	200	Class. in base alla caratterizzazione Plano-altimetrica	

Tabella 49: Fattori per l'analisi di dettaglio di un tratto stradale nel Progetto Viamont

NOME	Descrizione
Shape	Definisce il tipo di geometria
Objectid	Campo identificativo del km
Fromm	Progressiva iniziale
Tom	Progressiva finale
Roccia	Viene indicata la presenza o meno della roccia nel km.
Roc%	Rappresenta la percentuale di roccia affiorante a ciglio strada nel km, permette di avere un idea più precisa (indica la quantità totale di roccia affiorante) del fenomeno rispetto all'unità di misura.
R_noPrt%	Rappresenta la percentuale di roccia affiorante non protetta ovvero dove non sono già state messe in opera delle protezioni volte a mitigare il rischio di caduta massi. Permette di individuare la tipologia di indagine e/o di intervento che andrebbe programmato.
Gsi	Caratteristiche geomeccaniche indicative. Dall'analisi del modello ottenuto dal rilievo laser si è restituita una indicazione sulle condizione dell'ammasso roccioso indicando il GSI (cfr.Geological Strength Index).

Tabella 50: Fattori e criteri del dettagli della classificazione geomorfologica nel Progetto Viamont

7.4 Safe Mobility Index

L'indice *Safe Mobility Index* è frutto di un processo di analisi della mobilità sicura intesa come problema complesso, che necessita per la sua profonda conoscenza di un approccio integrato, orientato all'indagine delle sue componenti come parti di un unico sistema, fatto di equilibri e reciproche connessioni. Lo scopo di tale indice è quello di fornire una valutazione delle performance di sicurezza della mobilità secondo un approccio olistico che consenta una conoscenza profonda delle condizioni dell'infrastruttura e di tutte le dinamiche che a su di essa prendono atto e che, a vario titolo, possono comprometterne le condizioni di sicurezza. Le fasi del metodo infatti hanno consentito l'analisi dei diversi aspetti che concorrono ad alterare il livello di sicurezza per la mobilità, siano di origine naturale, legati alle caratteristiche della

strada o proprie delle condizioni di esercizio della stessa. Infatti attraverso l'utilizzo delle fonti informative del Road Model si è giunti, con un intenso processo di analisi e sintesi, ai due indicatori principali atti a caratterizzare le performance si sicurezza dell'ambiente fisico legato alla mobilità:

- *Indicatore di Pericolosità Indotta da Fattori Esogeni*, è in grado di cogliere le particolarità ambientali che a vario titolo possono produrre effetti sul livello di sicurezza offerto dalla strada;
- I*ndicatore Safe Road Model,* è in grado di caratterizzare gli aspetti significativi della strada ai fini della valutazione del suo livello di sicurezza, a partire dai suoi elementi strutturali e geometrici

In Figura 124è riportata la sintesi dell'Indicatore di Rischio del progetto Rovigo, mentre la Figura 125 riporta L'indicatore di Pericolosità del progetto Viamont, diviso nelle sue due componenti relative ai fattori esogeni e agli elementi stradali.

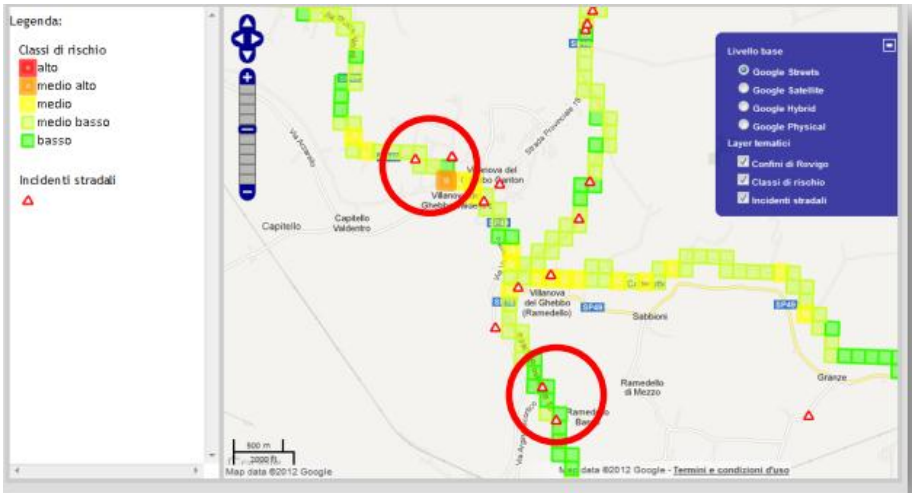


Figura 124: Indicatore di Rischio sintesi dell'elaborazione di fattori esogeni e stradali a Rovigo

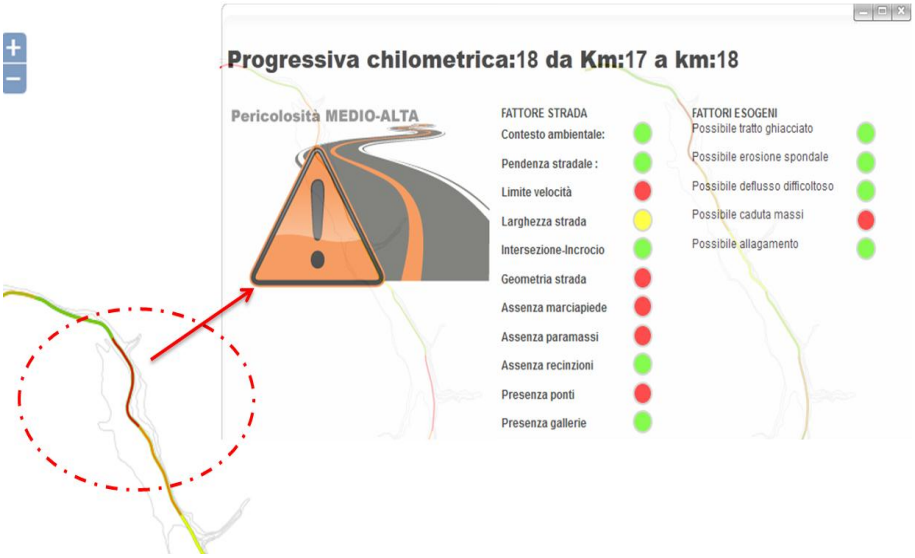


Figura 125: Indicatore di Pericolosità nelle sue due componenti dei fattori esogeni e stradali sulla SR 203

Tali indicatori consentono di analizzare gli spetti fisici legati alla sicurezza stradale, siano essi originati entro la sede stradale o esterni ma in grado di produrre effetti sulle normali condizioni di deflusso; tale valutazione è fornita mediante criteri desunti da letteratura e dalla sensibilità del tecnico, prevedendo ad una individuazione delle aree critiche in cui coesistono elementi che abbattono il livello di sicurezza della strada. Tale versione di indicatori fornisce una versione quanto più possibile oggettiva sul livello di sicurezza che caratterizza la strada, che richiama una visione classica della valutazione della sicurezza stradale, propria dei metodi degli indicatori geometrici, discussi al Capitolo2, in cui l'unico metro di misura è legato alle scelte progettuali del tecnico, senza considerare l'apporto dell'utente in fase di guida.

7.4.1 SAFE ROAD INDEX 2.0- IL CONTRIBUTO MULTIATTORIALE AL SAFE MOBILITY INDEX

L'innovazione legata al concetto di Smart Safe Mobility non può prescindere dall'introdurre all'interno dei processi di valutazione delle prestazioni di sicurezza di un' infrastruttura stradale la prospettiva interna delle utenze: essa rappresenta un vero fattore innovativo rispetto alle metodologie classiche orientate alla valutazione dell'insicurezza stradale sulla sola base di elementi progettuali, visione ribaltata a partire dall'introduzione delle tecniche di Safety Review, a cui presente metodo è palesemente ispirato.

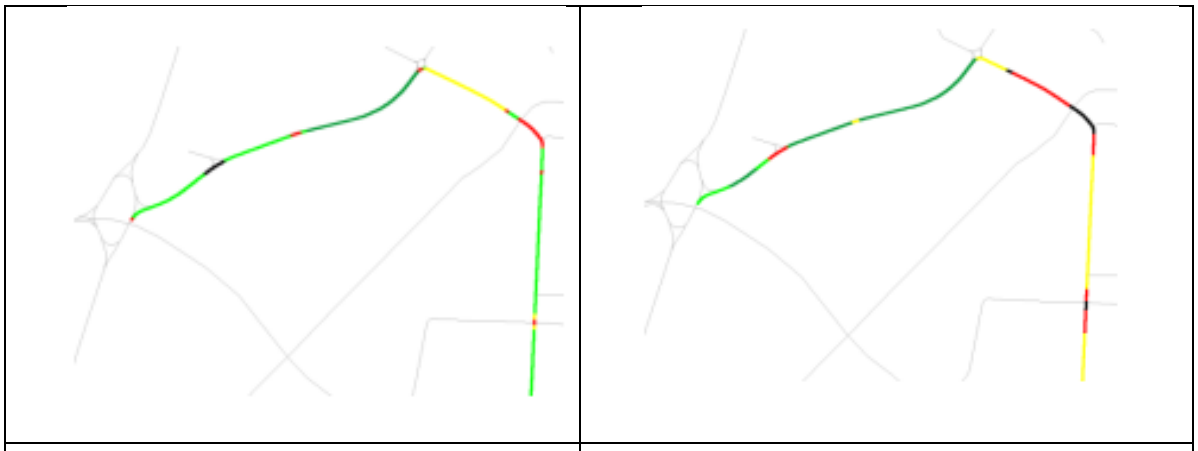
Il contributo delle utenze si innesta come segmento di *tuning* sull'indicatore *Safe Road Index*, il quale fornisce una valutazione il più oggettiva possibile del livello di sicurezza che caratterizza la strada, realizzata dal tecnico sulla base della normativa e letteratura di riferimento e in base alla sua sensibilità.

Il contributo dei diversi soggetti chiamati a partecipare al processo interpretativo è orientato all'acquisizione del livello di sicurezza percepito dai diversi soggetti, attraverso la loro esperienza pregressa e effettuando l'analisi dell'indicatore e delle fonti informative disponibili, atte a fornire un sufficiente quadro circa le condizioni di mobilità, sotto forma di *panel interview*.

Generalmente si ricorre a due tipologie distinte di panel:

- Attori istituzionali, ovvero Enti e soggetti pubblici e privati che hanno la responsabilità di gestire le infrastrutture per la mobilità;
- Utenti della strada, che per varie ragioni si spostano utilizzando la rete.

La metodologia impiegata consiste nell'analisi di un campione di strade rappresentative della realtà analizzata, al fine di desumere, dall'analisi di documenti video e attraverso procedure di ascolto delle tue tipologie di attori, ad una stima del livello di rischio percepito nelle diverse condizioni di mobilità, così da definire, sulla base delle diverse osservazioni, delle relazioni tra condizioni stradali e livelli di rischio percepito, così da sintonizzare il sistema su base oggettiva con le reali percezioni degli utenti, modificando i coefficienti che determinano l'influenza dei diversi fattori analizzati all'interno dei diversi indicatori. In Figura 126 è riportato l'esito della valutazione da parte dei due diversi panel sul una porzione della strada SP05, mentre la Figura 127 rappresenta il Safe Road Index 2.0, cioè l'indice rappresentativo del livello di sicurezza della strada, a seguito della correzione dei pesi introdotta a seguito dell'ascolto degli attori.



Panel istituzionale	Panel utenti

Figura 126: Risultati del sistema di ascolto dei due panel, impiegati nel progetto "Sicuri sulle Strade sull'area test SP 05"

Figura 127: Indicatore Safe Road Index realizzato sulla SP 05 di Rovigo, con approccio Grid, dopo l'intervento dei panel

In questo modo la componente antropica diviene elemento basilare per la vantazione della sicurezza stradale, contribuendo anche tramite meccanismi di responsabilizzazione, alla diffusione di una nuova cultura della sicurezza stradale.

Tale metodo è stato applicato all'interno della fase di analisi del progetto "*Sicuri Sulle Strade*" in Provincia di Rovigo, a cui la Figura 127si riferisce, in cui la componente collaborativa è una delle principali leve di tutto il sistema.

Il progetto "*Viamont Street Model*" invece ha sviluppato la componente di interazione ed ascolto dei soggetti mediante una modalità partecipativa *web oriented*, attraverso uno strumento di Geotagging integrato con lo strato informativo di base della "Mappa della Pericolosità", la quale rappresenta i risultati dell'analisi incidentale e gli indicatori che caratterizzano la sicurezza stradale. L'utente può infatti segnalare attraverso dei form le criticità percepite afferenti alle diverse tematiche che, sotto forma di fattori, compongono gli indicatori: larghezza della carreggiata, stato della pavimentazione, presenza di intersezioni, stato della segnaletica, qualità dell'illuminazione pubblica, presenza di elementi esterni, presenza di vegetazione laterale, possibilità di abbagliamento da altri veicoli e presenza di elementi di distrazione. Per ogni categoria sono fissate delle classi atte a valutare il livello di rischio percepito dall'utente alla guida, sulla base delle quali esprime il propri o giudizio, realizzando quindi una vera e propria

piattaforma *wiki*, che facilita lo scambio di informazioni tra i diversi attori. La piattaforma impiegata nel progetto Viamont Street Model è basata su "Ushahidi[122]" , riportata in Figura 128: strumento molto versatile orientato al *croudsourcing* su tematiche sociali, per la raccolta e la gestioni di informazioni geolocalizzate, che afferisce alla famiglia del web 2.0.

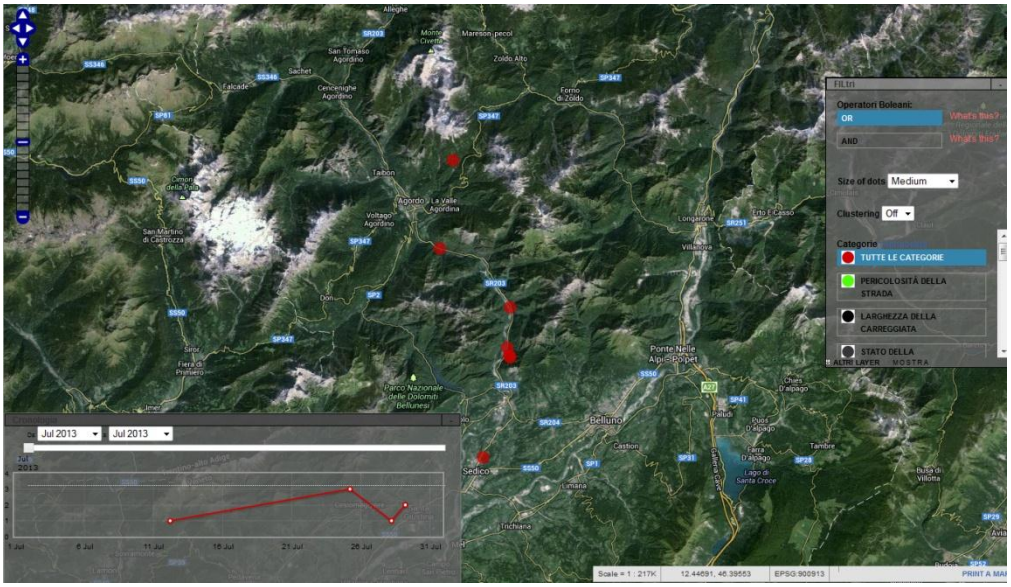


Figura 128: Sistema di geotagging Ushahidi impiegato per la componente wiki del progetto Viamont Street Model

I sistemi di ascolto web sono in toto assimilabili alle piattaforme di accesso e condivisione e quindi si basano su funzionalità di accesso a banche dati GIS e a (geo) Database, consentendo così la segnalazione, la raccolta, l'organizzazione delle diverse segnalazioni degli utenti, visibili sulla mappa, con strumenti di reportistica e sintesi, successivamente utilizzati per il sistema di *tununig* dell'indicatore e visualizzabili in mappa. Lo scopo del sistema é quello di evidenziare ed enfatizzare la dimensione sociale relativa agli aspetti di conoscenza, manutenzione e criticità dell'infrastruttura in base alla percezione di panel distinti di utenti (tecnici e non).

7.4.2 SAFE ROAD SENSING: LA DIMENSIONE DEL TEMPO REALE DEL SAFE MOBILITY INDEX

La mobilità intelligente e sicura non può prescindere dalla dimensione temporale: flussi di informazioni che descrivono le condizioni in esercizio di una infrastruttura consentendo la valutazione in tempo reale della sicurezza, e consentono l'ottimizzazione della rete stradale e il raggiungimento di livelli di comfort e sicurezza molto più elevati per gli utenti della strada.

La dimensione del *Road Sensing* viene introdotta come *Safe Road Sensing* producendo strati informativi aggiornati in tempo reale attraverso flussi provenienti da sensor network diffuse sul territorio e contributi wiki da parte degli utenti della strada mediante app in grado di far variare il livello di pericolosità in corrispondenza di determinate aree in cui siano in atto fenomeni ambientali che possono mettere a repentaglio la viabilità sicura o situazioni di congestione o emergenze legate all'infrastruttura stessa. Come emerso dalle precedenti fasi di analisi le tematiche che hanno maggiore influenza sulle condizioni di sicurezza dell'infrastruttura nella dimensione del tempo reale sono:

- Condizioni dei flussi di traffico, la cui analisi è possibile grazie alla diffusione di reti di sensori atti a valutare l'intensità delle correnti di traffico, e mediante sistemi di

[122] Ushahidi, http://www.ushahidi.com/

partecipazione wiki con app apposite su dispositivi smartphone con sistema di localizzazione o sistemi volontari di geotagging;

- Condizioni meteorologiche: la cui analisi è possibile grazie a reti di stazioni meteo sul territorio in grado di realizzare sistemi di allerta e informazione alle utenze ed ai gestori in un'ottica preventiva dei fenomeni di instabilità.
- Segnalazioni di criticità localizzate da parte degli utenti attraverso servizi di geotagging web e app.

I flussi informativi prodotti, previa analisi e sintesi, sono destinati all'integrazione con il Safe Road Index, così da farne variare istantaneamente, secondo procedure analitiche stabilite, i livelli di sicurezza globali, che costituiscono il Safety Mobility Index. La dimensione del tempo reale assume una valenza strategica ai fini della minimizzazione di fenomeni di congestione, anche a seguito di situazioni di emergenza, che favoriscono l'insorgere di condizioni critiche per la viabilità: disporre di un quadro aggiornato delle condizioni di viabilità consente agli enti gestori di orientare la domanda di traffico su itinerari alternativi, migliorare i servizi accessori quali il trasporto pubblico, e informare gli utenti alla guida di eventuali anomalie attraverso sistemi di Infomobility. La fusione di informazioni originate da fonti diverse, ed afferenti a dimensioni spaziali e temporali, integrate con dati da sensori , consentono di cogliere i molteplici aspetti connessi all'esercizio della mobilità, anche in relazione al contesto territoriale, al fine di porre in atto azioni di mitigazione sulle cause che abbattono il livello di sicurezza sulle strade.

7.5 Riflessioni sul Capitolo 7

I capitoli precedenti hanno fornito elementi fondamentali per la comprensione della tematica della mobilità sicura all'interno dell'innovativo paradigma di Smart City, facendo emergere il grado di complessità che la caratterizza, rendendo così necessario un metodo di studio basato su un approccio integrato, in grado di far affiorare i fattori da cui essa dipende e le mutue relazioni che essi vicendevolmente si scambiano. L'analisi e la profonda conoscenza dei principali fattori del Sistema Strada diviene il punto di partenza per una fase di analisi orientata a comprendere i rapporti di causalità e le interazioni che possono generare un evento incidentale, che spesso fuggono agli approcci classici deterministici.

Il metodo Smart Safe Mobility consente l 'analisi della mobilità su strada, ai fini dell'individuazione di quei fattori, soprattutto con riferimento agli elementi naturali e del contesto infrastrutturale, che possono determinare l'abbattimento del livello di sicurezza, valutati sia in base alle proprie caratteristiche , sia in relazione all'influenza che essi hanno sulla tematica.

Allo scopo di analizzare il contributo di ogni fattore, e il gioco di relazioni interne, è stato scelto un metodo modulare, che consente di analizzare i diversi aspetti e specificarli al contesto di riferimento, per poi collocarli in una struttura ramificata che ne analizza i rapporti di causalità: i diversi indicatori specifici vengono costruiti sulla base delle evidenze acquisite nella fase preliminare, giungendo alla definizione di due indicatori principali, ovvero l'Indicatore di pericolosità indotta da Fattori Esogeni e il Safe Road Index, definendo così degli strumenti atti alla descrizione della fenomenologia in relazione alle caratteristiche fisiche del territorio. La dimensione partecipativa e quella del tempo reale rappresentano l'espressione del concetto di *Sensing*, conferendo ulteriore caratterizzazione al fenomeno della mobilità sicura: l'azione delle dinamiche di mobilità è in grado di far mutare radicalmente le prestazioni di sicurezza di una infrastruttura.

La metodologia, sebbene ad oggi sperimentata totalmente solo per la parte che afferisce alla caratterizzazione fisica del contesto della mobilità, e alla componente partecipativa, ha prodotto buoni risultati nella caratterizzazione dei livelli di performance di sicurezza delle infrastrutture, segnalando aree critiche e riscontrando una buona rispondenza con i trend incidentali. Per quanto riguarda il segmento di *Sensing* con rete di sensori , esso risulta ad oggi in fase di progettazione sul caso applicativo *Viamont Street Model*.

8 CAPITOLO 8 - SAFE SMART MOBILITY: AZIONI PER LA MOBILITÀ INTELLIGENTE E SICURA

La mobilità sicura risente degli effetti di diversi fattori: infrastrutture stradali, ambiente, fattori culturali, flussi di traffico e capacità degli utenti sono le leve che, integrate all'interno di una visione unitaria e sinergica sotto la guida dei portatori di responsabilità (Enti proprietari o preposti alla Gestione del patrimonio stradale, Enti territoriali, società private) possono produrre il raggiungimento degli obiettivi prefissati in materia di Safety. Disporre di strumenti di analisi in grado di evidenziare le aree critiche e suggerire strategia d'azione per la mitigazione delle cause incidentali può essere uno strumento strategico per ottimizzare la gestione del patrimonio stradale e migliorare il livello di sicurezza sulle infrastrutture.

A tal proposito si espone in questo Capitolo la fase della metodologia orientata alla valutazione delle strategie d'azione sulla base del confronto tra il modello reale di strada, rappresentato dal set di indicatori Safe Mobility Index e il modello ideale di rifermento, ovvero il Safe Smart Mobility Model.

8.1 Approccio Smart Safe Mobility

L'obiettivo di una mobilità sicura ed intelligente oggi, deve essere sostenuto da strumenti affidabili che consentano di identificare le carenze del Sistema Strada nei suoi molteplici aspetti, identificare le cause reali e potenziali, e su di esse porre in atto gli interventi più efficaci in grado di produrre i maggiori benefici in termini di abbattimento del rischio incidentale.

L'innovazione in atto, che ha fatto del termine "Smart" il proprio baluardo, spinge verso un cambiamento culturale oltre che tecnologico, ponendo al centro del problema della sicurezza l'utente e la sua percezione, e incoraggiando un nuovo approccio, orientato alla prevenzione attraverso l'azione sinergica sui tre principali elementi del Sistema strada: utente –uomo - veicolo, attraverso l'impiego di nuovi servizi e strumenti tecnologici orientati alla conoscenza e condivisione delle informazioni.

L'approccio *Safe Smart Mobility* si riferisce ad una tipologia di mobilità che, grazie all'integrazione di interventi di stampo più classico, con nuove soluzioni basate su sistemi ITS, è in grado di corrispondere in maniera dinamica alle esigenze espresse dai soggetti in movimento. In tale modello sia l'infrastruttura e sia gli utenti cooperano per raggiungere gli standard di sicurezza ottimali: le caratteristiche strutturali e funzionali dell'infrastruttura si rivelano tali da abbattere i potenziali fattori incidentali e quelli che possono indurre l'utente in errore sia attraverso una corretta manutenzione e progettazione, sia intervenendo sulle principali caratteristiche di *Self Explanatory* e *Forgiving Roads* che interessano il rapporto con l'utente. Contemporaneamente architetture sensoristiche e reti telematiche consentono l'impiego di sistemi ITS per l'acquisizione di dati e la diffusione di servizi mirati di infomobility.

Partendo infatti da un *Safe Smart Mobility Model*, ovvero un modello in grado di rappresentare una condizione ideale di strada sotto l'aspetto della sicurezza, e mediante il confronto con la reale condizione infrastrutturale, ovvero il *Safe Mobility Index* che rappresenta una sintesi della caratteristiche fisiche e funzionali della rete tramite una serie di indicatori specialistici, è possibile individuare un ventaglio di soluzioni e un sistema iterativo di monitoraggio e verifica delle azioni, in grado di far tendere la condizione reale a quella ideale, processo illustrato in Figura 129.

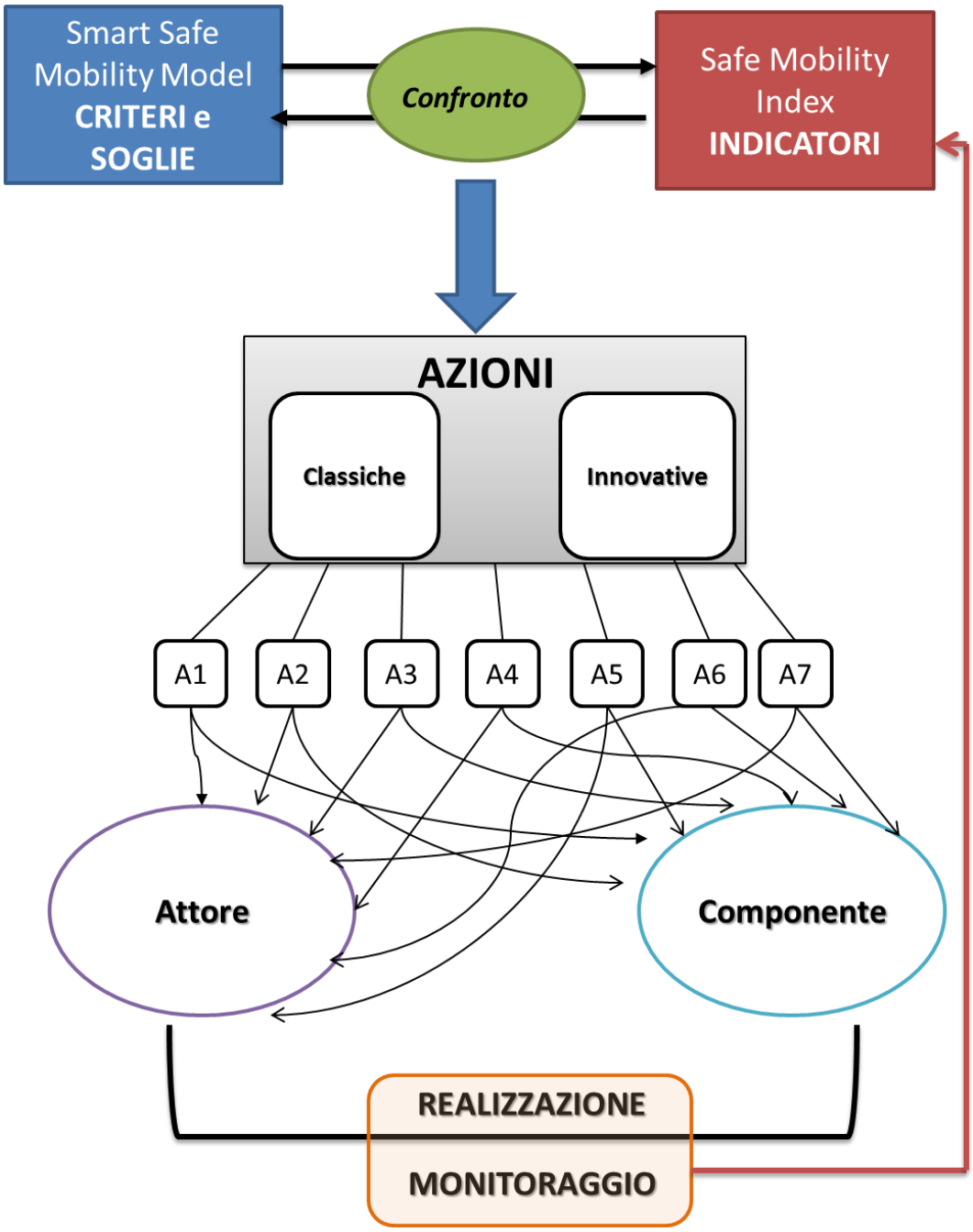


Figura 129: Schema del Safe Smart Mobility

La disponibilità di soluzioni ITS e l'approccio integrato alla tematica aprono un duplice fronte: da un lato il metodo classico opera generalmente attraverso azioni locali sull'infrastruttura fisica, teso a mitigare il fattore di rischio specifico ed avulso da un'ottica globale della rete di mobilità, conducendo spesso al fenomeno della migrazione dei punti neri, senza giungere ad una loro effettiva risoluzione; dall'altro la disponibilità di sensori e sistemi di comunicazione rende possibili soluzioni alternative, spesso non intrusive sull'infrastruttura, ma in grado di abbattere i fattori di rischio limitando o il fattore di esposizione, l'insorgere di comportamenti scorretti con piccoli accorgimenti sulla strada o con sistemi di comunicazione alle utenze. Ad ogni possibile azione, intesa anche come combinazione di interventi, risultano associati uno o più attori chiamati ad eseguirla, e una o più componenti su cui essa stessa agisce. La scelta della soluzione è frutto di un processo decisionale che, nell'ottica di una *governance* intelligente, prevede

momenti di partecipazione anche dei portatori di diritti: sulla base delle azioni realizzate si instaura un processo di valutazione ricorsiva, che va a stimare il nuovo Indice *Smart Safe Mobility* e introduce nuovi elementi nella fase di confronto.

a)Modello reale della strada

b)Modello ideale della strada

Figura 130: Confronto tra strada reale e modello ideale

Per tendere a tale modello però è indispensabile un massiccio cambiamento culturale che agisca su diversi fronti: in primis agli Enti gestori è richiesto un atteggiamento di apertura verso soluzioni innovative e tecnologiche, complementari alle più classiche azioni di stampo strutturale: un servizio di infomobility non avrà mai la capacità di manutenere buche sul manto stradale, ma sicuramente può segnalare la presenza di irregolarità sulla pavimentazione inducendo livelli di attenzione maggiore sull'utente.

Un fattore che ha notevolmente ostacolato la diffusione di tali sistemi è legato alla scarsa disponibilità dei dati e della loro accuratezza, e alla mancata utilizzabilità di infrastrutture tecnologiche di comunicazione adeguate: questo è un nodo che dovrebbe essere risolto a breve, grazie anche alle prime direttive in materia di ITS che sono state recentemente recepite anche nel nostro Paese e alla graduale diffusione di connessione pervasiva sul territorio nazionale, grazie anche ai primi effetti dell'Agenda Digitale. Dall'altro lato bisogna favore i meccanismi di inclusione degli utenti e della nascita di una nuova cultura della sicurezza stradale, affinché essi siano motivati a modificare i loro comportamenti e a far parte di un sistema cooperativo orientato al beneficio comune.

Sulla base di tali considerazioni è evidente che ad oggi , il primo passo verso un sistema di Smart Safe Mobility spetti agli Enti gestori delle reti, e soprattutto agli Enti territoriali, affinché essi si facciano promotori di questa nuova visione ed attuatori di nuove politiche di gestione della sicurezza. L'analisi effettuata nel corso dei precedenti capitoli e la metodologia realizzata consente infatti di fornire, ai soggetti indicati come portatori di responsabilità nel processo di gestione della sicurezza stradale, una visione completa sulla tematica e sul territorio, che faciliti loro il compito di individuare le priorità di intervento e le successive la azioni da mettere in atto ai fini della riduzione del fenomeno incidentale.

Lo *Smart Safe Mobility Model* rappresenta l'ultimo segmento valutativo del processo che, a partire da un modello di strada ideale sotto gli aspetti strutturali e funzionali, inserita nello stesso contesto, presenta un ottimale livello di sicurezza e comfort. Dal confronto tra tale modello ideale con il *Safe Road Index* è possibile identificare le azioni più efficaci da realizzare ai fini della mobilità sicura.

8.1.1 MODELLO IDEALE DI STRADA

Benché l'infrastruttura stradale sia solo uno degli elementi che contribuiscono alla mobilità sicura, secondo numerosi studi condotti da esperti di sicurezza stradale, ad essa viene attribuita buona parte delle responsabilità dirette o secondarie, legate cioè alle interazioni che essa genera sugli altri elementi del Sistema strada, ai fini dell'accadimento di eventi incidentali; da tali considerazioni emerge che tra le azioni mirate al miglioramento de livello di sicurezza per la mobilità, molte devono essere orientate alla strada, anche in relazione al suo potere di interazione con gli altri fattori.

Per valutare la corrispondenza di una strada a determinati requisiti di sicurezza la letteratura di riferimento propone i seguenti tre criteri (Canale S. et al., 2009):

- Criteri di qualità;
- Criteri di coerenza con lo spazio;
- Criteri di coerenza nel tempo.

Mente il terzo criterio riguarda la necessità di predisporre opportuno un programmi di monitoraggio e di azione ai fini di garantire standard di sicurezza adeguata, fino all'esaurimento della vita utili dell'opera, i primi due riguardano aspetti legati all'infrastruttura fisica, che rappresenta il primo livello di intervento per raggiungere il modello di strada ideale.

Criteri di qualità

I Criteri di qualità analizzano prettamente aspetti afferenti alla funzione della strada quale spazio fisico del moto, in relazione al veicolo e alla relazioni di natura dinamica che essi si scambiano, e in relazione alla funzione di guida che essa esplica sull'utente, in relazione al meccanismo percettivo. I principali aspetti considerati riguardano:

- *Visibilità*: intesa come caratteristica imprescindibile di una strada sicura poiché, in base ad essa, l'utente è in grado di acquisire le informazioni necessarie a mantenere una condotta di guida adeguata. E' evidente che, ai fini della programmazione di azioni volte a migliorare tale aspetto soprattutto servizi di informazione alle utenze possono apportare notevoli benefici a fronte di costose azioni strutturali;
- *Leggibilità del tracciato*: è la caratteristica alla base della percezione dell'utente poiché determina la capacità di trasferirgli una corretta immagine della strada e dell'ambiente circostante in maniera chiara e rapida. Anche in questo caso, ai fini dell'innalzamento degli standard di sicurezza, azioni strutturali e servizi di informazione possono rappresentare valide soluzioni, anche in maniera congiunta.
- *Adeguatezza dell'infrastruttura alle caratteristiche dinamiche dei veicoli*: si tratta degli aspetti della strada che determinano la condizione di equilibrio dinamico del mezzo in moto: condizione della pavimentazione in virtù dell'azione della forza di attrito, curvatura orizzontale e verticale per l'azione della forza centrifuga sono i principali aspetti da considerare.
- *Capacità di mitigazione degli effetti di comportamenti sbagliati*: la strada deve presentare determinate caratteristiche atte a minimizzare il danno a seguito di un incidente: aree libere da ostacoli in corrispondenza di aree in cui lo svio è una tipologia di incidente frequente, presenza di opportune o pere di contenimento.
- *Adeguatezza dell'infrastruttura alla domanda di traffico*: si tratta degli aspetti della strada che determinano la composizione della sezione trasversale, che determina la capacità della strada stessa; tale requisito è fondamentale poiché strettamente connesso alle

condizioni di congestione, e quindi di sicurezza offerto dalla strada stessa. Ai fini del miglioramento di tale aspetto soluzioni non intrusive e basate sulla gestione delle lotte mediante sistemi ITS sono sicuramente preferibili.

Criteri di coerenza con lo spazio

I criteri di coerenza con lo spazio valutano principalmente l'inserimento territoriale della strada, ai fini di minimizzare le interazioni negative tra il Sistema strada e la componente ambientale; nello specifico gli aspetti più importanti riguardano:

- *Coerenza degli elementi della strada per l'intero sviluppo del tracciato*: deve sussistere una coerenza tra la tipologia di strada percorsa e le caratteristiche geometriche e compositive che essa presenta, così che l'utente sia in grado di prevedere l'andamento del tracciato;
- *Coerenza del tracciato con gli elementi circostanti:* tale aspetto riguarda le caratteristiche di inserimento ambientale, soprattutto in relazione che l'utente deve ricevere in relazione ai vincoli che esso impone.

Dall'analisi dei criteri emerge che, benché essi siano rivolti alla definizione di interventi sull'infrastruttura fisica, tendono a valutare la strada all'interno di un approccio integrato, al fine di cogliere gli effetti che un miglioramento sull'infrastruttura genera sull'intero sistema di mobilità. Caratteristiche geometriche, capacità veicolare, inserimento ambientale, rapporto con l'utente, sono aspetti fondamentali per una strada sicura, indispensabili per la definizione di un modello ideale di mobilità

Tuttavia è evidente che tali caratteristiche sono funzione delle peculiarità della rete e dell'ambiente in cui la strada si inserisce: in questa sede quindi ci si è limitati ad indagare e fornire i criteri che possono guidare la scelta delle soglie opportune, limitazione legata anche alla carenza di riferimenti normativi. Ad oggi infatti non sono presenti in normativa elementi che permettano una valutazione della rispondenza dei requisiti di sicurezza delle infrastrutture stradali in esercizio, in termini quantitativi, né tantomeno impongano dotazioni minime di elementi per la sicurezza stradale; l'unico riferimento rimane il decreto in materia di progettazione stradale (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2001 b), che tuttavia si riferisce a strade di nuova costruzione, scarsamente trasponibile ad arterie aperte al traffico da anni, trattando peraltro solo aspetti strutturali e funzionali. Contemporaneamente anche le recenti Linee Guida le analisi di sicurezza si rifanno ad una valutazione di tipo qualitativo, fornendo i criteri generali di riferimento, a cui anche il metodo presente si ispira.

8.1.2 MAPPATURA DELLE AZIONI PER LA SICUREZZA

La fase *Smart Safe Mobility* è finalizzata all'individuazione delle azioni di mitigazione che possono abbattere i fattori di insicurezza dell'infrastruttura e minimizzare il suo tenore di rischio: poiché esso è determinato dall'interazione di diverse cause, anche gli interventi saranno orientati al trattamento specifico di diverse componenti e condizioni esistenti sull'infrastruttura di mobilità.

Dall'analisi del *Safe Mobility Index*, frutto della valutazione di performance di sicurezza del tratto stradale in esame, e nello specifico considerando i suoi principali indicatori (*Safe Road Index* e *Indicatore di Pericolosità indotta da Fattori Esogeni*) atti a caratterizzare il contesto fisico del *Model* nelle due declinazioni all'ambiente stradale e naturale, si possono desumere tutti i fattori

che generano una situazione di rischio elevato, e che necessitano di mitigazione ai fini dell'abbattimento dell'insicurezza.

Dal confronto di tale condizione con i criteri e i valori di soglia che definiscono lo *Smart Safety Mobility Model*, si possono determinare le reali mancanze della strada e quali azioni è necessario porre in atto per ridurre o annullare gli specifici fattori di rischio individuati. Considerata la complessità del fenomeno e i molti fattori che concorrono a determinarla, non esiste, per ogni situazione critica, un solo intervento possibile, ma sarà individuata una rosa di possibili soluzioni, tra loro differenti per tipologia, estensione, oneri realizzativi ed efficacia. Tale metodologia è schematizzata in Figura 131.

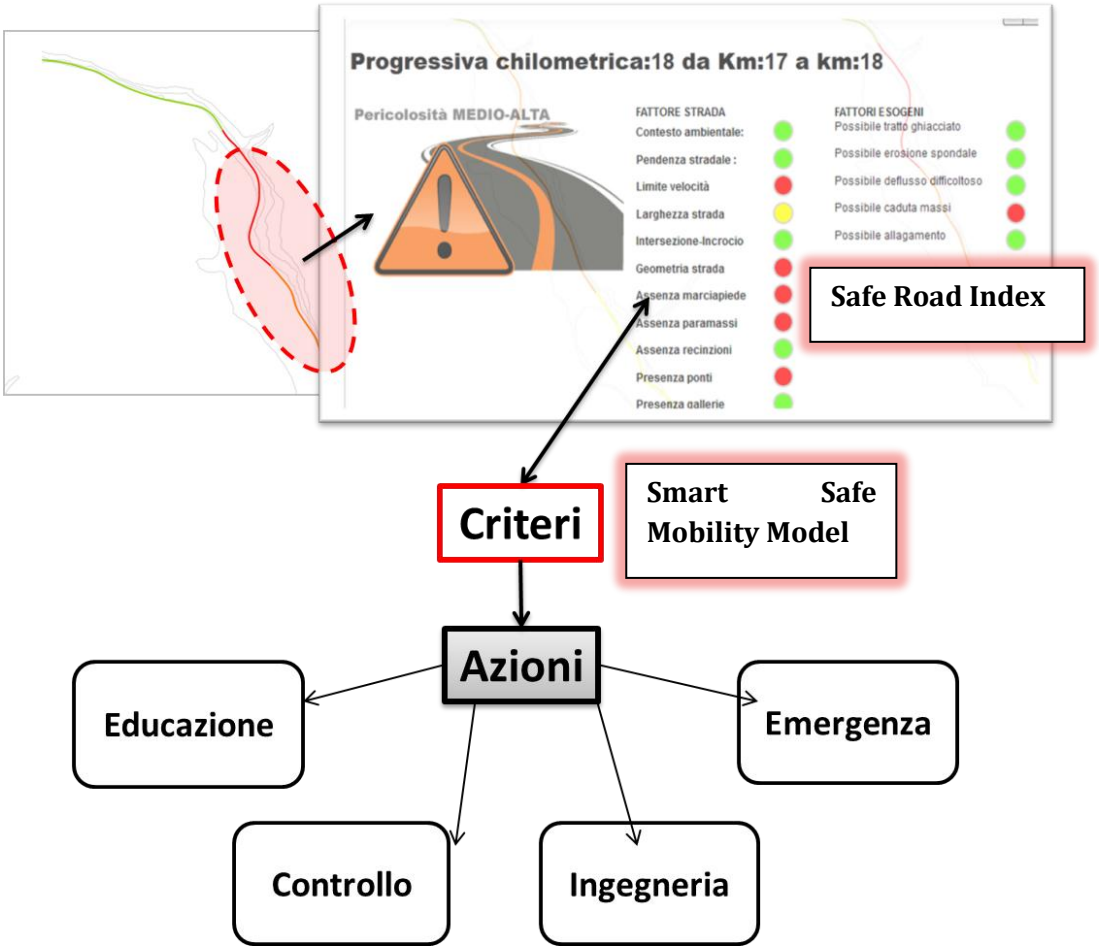


Figura 131: Processo di valutazione delle azioni

Secondo le linee guida contenute nel *Piano della Sicurezza Stradale Urbana PSSU* (Ministero dei Lavori Pubblici, 2001), le linee d'azione che conducono dei netti miglioramenti in termini di sicurezza ed abbattimento del numero di incidenti sono riconducibili a :

- Riduzione dell'esposizione, diminuendo il numero di veicoli - km percorsi dagli utenti della strada;
- Riduzione del rischio di incidenti, intervenendo sui fattori d'incidentalità relativi al comportamento degli utenti e all'influenza dell'ambiente stradale;
- Protezione delle utenze deboli;
- Attenuazione delle conseguenze degli incidenti, intervenendo sull'uso dei dispositivi di sicurezza a con i servizi di soccorso.

Tali obiettivi sono perseguibili attraverso azioni sinergiche tra i diversi attori mettendo in atto strategie che integrano le quattro classi principali interventi, come da Figura 131:

- Educazione;
- Controllo e rispetto delle regole di circolazione;
- Ingegneria: adeguamento delle infrastrutture e gestione del traffico;
- Servizi di emergenza.

A tali classi di azione corrispondono diversi interventi che contribuiscono in diversa ragione alla mitigazione del fattore di rischio specifico considerato: sulla base di criteri economici e funzionali si rende necessario definire una strategia di azioni in grado di abbattere la criticità.

La classifica delle azioni tratta dalle *Linee Guida Ministeriali per analisi di sicurezza in ambito Urbano*, (Ministero dei Lavori Pubblici, 2001), ha previsto, ai fini esemplificativi, una serie di interventi orientati alla mitigazione delle possibili cause di insicurezza, sulla base di metodologie classiche, ampliamente diffuse nelle pratiche di gestione della mobilità. Esse presentano un carattere prettamente strutturale, agendo sul segmento fisico della strada, oppure a carattere gestionale, legato all'imposizione di nuove regolamentazioni e politiche di controllo e repressione. A tali strumenti si affiancano, grazie al contributo delle nuove tecnologie, soluzioni alternative che mirano, in un'ottica di innovazione, a creare una nuova cultura della mobilità sicura e un nuovo sistema di gestione che fa dell'informazione aggiornata e condivisa lo strumento principale per abbattere le condizioni di rischio. Tali strumenti innovativi consentono ai soggetti preposti alla gestione di individuare tempestivamente eventuali condizioni di congestione o rischio, con la possibilità di predisporre percorsi a precedenza per autoambulanze e mezzi di soccorso, favoriscono la gestione interattiva dei sistemi semaforici, l' individuazione di itinerari alternativi; per quanto riguarda le utenze i nuovi strumenti consentono di erogare indicazioni su percorsi non congestionati, indicazioni sul sistema dei parcheggi, e con particolare riferimento alle indicazioni sui servizi di trasporto pubblico si dispone di informazioni circa tempi di attesa, possibili connessioni, al fine di incentivare l'uso del mezzo collettivo in alternativa al vettore individuale, decongestionando la viabilità a favore di livelli di comfort e sicurezza più elevati

Si analizzano le classi di azioni e i possibili interventi realizzabili in relazione alla metodologia classica ed innovativa.

Educazione

La classe d'intervento che afferisce all'Educazione riguarda le misure atte a creare una nuova cultura della sicurezza stradale, sensibilizzare e responsabilizzare gli utenti della strada al fine di orientare i loro comportamenti e scelte verso un modello di mobilità sicura e sostenibile. Il successo di tale classe di azioni è legata da un lato al contenuto informativo e dall'altro dal mezzo di comunicazione adottato: in passato i media locali, eventi e sensibilizzazione scolastica sono stati i canali privilegiati. Oggi i nuovi strumenti di comunicazione quali social network, app e quiz online permettono di divulgare contenuti informativi, raggiungendo tutte le fasce coinvolte. L'azione di Educazione da un lato mira a sensibilizzare le utenze e a spingerle verso comportamenti di guida più sicuri e dell'altro vuole diffondere nozioni di base per una corretta condivisione dello spazio stradale tra i diversi utenti. L'educazione quindi vede come destinatari tutti gli utenti della strada e individua tra gli erogatori Enti proprietari e gestori della rete, Associazioni .

Controllo

L'azione di controllo del rispetto delle regole, svolta dalle Forze dell'Ordine ha l'importante funzione di reprimere l'insorgere di comportamenti scorretti nell'esercizio della mobilità: ai fini dell'efficacia tale azione presuppone l'analisi di violazioni che possono generare maggiore influenza sulla sicurezza a ci seguono apposite campagne informative. In questo settore l'innovazione tecnologica suggerisce l'impiego di sistemi automatici o semi automatici per l'identificazione di comportamenti anomali e infrazioni, sulla base di reti di sensori posizionati sulla rete, e con particolare attenzione alle zone si intersezione, ove sono più frequenti sia i fenomeni incidentali e sia violazioni. Tali azioni vedono come attori attivi le Forze dell'Ordine presenti sul territorio, mentre agiscono sulla componente degli utenti e della strada.

Emergenza

I servizi di Emergenza sono determinanti ai fini della mitigazione degli effetti dell'incidentalità sugli utenti: fattori critici sono sia la tempestività dell'intervento e sia il livello di cure mediche somministrabili. Il primo obiettivo perseguibile connesso con il tema della mobilità è anche quello di ridurre al minimo il tempo necessario per la chiamata dei soccorsi ed il loro reale intervento: sistemi di localizzazione automatica e comunicazione del sinistro possono essere strumenti innovativi per ottimizzare la fase di allerta, mentre sistemi per la creazione di percorsi preferenziali per i mezzi di soccorso possono facilitare il raggiungimento del luogo. Gli attori attivi nell'intervento sono gli Operatori Sanitari, i Vigili del Fuoco, mentre le componenti su cui le azioni agiscono sono strada e veicoli.

Classi di intervento di ingegneria: gestione del traffico e della domanda di mobilità

Afferiscono a tale classe di azioni tutti gli interventi che hanno come scopo il miglioramento della circolazione e la riduzione del rischio di incidentalità: è evidente che i due obiettivi sono legati dal concetto di esposizione sul versante del traffico e da quello della pericolosità che scaturisce dalle interazioni tra le correnti veicolari. In un'ottica più tradizionale tali azioni si realizzano mediante interventi di pianificazione e gestione della mobilità che vanno ad agire sui vincoli, sulla organizzazione modale del trasporto pubblico e della capacità ed accessibilità delle infrastrutture, secondo ottiche top down, come emerge dagli esempi in tabella

Il contributo delle nuove tecnologie in questo segmento si rivela strategico poiché può fornire gli strumenti in grado di ottimizzare ed orientare l'offerta di mobilità alla reale domanda: per quanto riguarda il sistema di Trasporto Pubblico Locale l'azione è orientata a diminuire l'esposizione, ovvero il numero di veicoli al km, ottimizzando il tasso di utilizzo del sistema di trasporto collettivo. A questo proposito soluzioni quali sistemi di localizzazione dei mezzi e informazioni sui tempi di percorrenza in tempo reale, sistemi di valutazione di affollamento alle zone di attesa dei mezzi per predisporre un adeguato servizio, o sistemi di informazione alle utenze sugli itinerari con mezzi pubblici più veloci o che usino sistemi di mobilità collettiva alternativa come car sharing o car pooling o bike sharing.

Parallelamente la gestione della domanda di mobilità veicolare è resa possibile da sistemi di informazioni alle utenze che consentono di orientare il traffico su itinerari alternativi, o sistemi di regolarizzazione del traffico intelligenti e corsie di marcia dinamiche e variabili possono calibrare l'offerta di mobilità sulla domanda espressa istantaneamente e localmente dagli utenti.

Questi solo alcune degli strumenti ITS in grado di migliorare, in una strategia anche integrata con metodi classici, l'apporto del fattore della gestione delle flotte alla tematica della mobilità sicura, come esplicato in Figura 132.

Classi di intervento di ingegneria: infrastrutture

Gli interventi di tipo Infrastrutturali si articolano nelle seguenti sottoclassi di intervento:

- adeguamento delle caratteristiche geometriche e funzionali dei tronchi stradali e dei relativi impianti;
- adeguamento delle caratteristiche geometriche e funzionali delle intersezioni stradali e dei relativi impianti;
- gestione delle velocità;
- protezione delle utenze deboli

Gli interventi più efficaci sono orientati all'eliminazione di discontinuità delle sezioni stradali lungo uno stesso tracciato o nelle intersezioni, a scongiurare gravi limitazioni della visibilità o mancanza di adeguata pendenza trasversale specialmente in curva; essi sia mirano inoltre a fornire una adeguata rispondenza delle caratteristiche stradali con i comportamenti di guida sicuri. Interventi specialistici sono orientati alla individuazione e rimozione di condizioni che favoriscono interferenze tra flussi di traffico di diversa natura tali da provocare condizioni di rischio per la sicurezza stradale, come la massiccia presenza di accessi e condizioni che favoriscono aumento della velocità. Altre azioni riguardano la congrua presenza di pertinenze ed elementi di arredo funzionale costituenti lo spazio stradale: barriere di sicurezza, dispositivi di separazione delle correnti di traffico sono fondamentali per minimizzare gli effetti di manovre sbagliate dei conducenti, mentre l'adeguata presenza di segnaletica e sistemi di illuminazione.
Molte delle azioni analizzate presuppongono la realizzazione di interventi strutturali che tuttavia possono presentare difficoltà di realizzazione soprattutto in area urbana dove gli spazi disponibili sono esigui: soluzioni alternative o complementari sono offerte da sistemi ITS, in grado di alleviare gli effetti delle criticità presenti sull'infrastruttura ai fini della conservazione di adeguati livelli di sicurezza.

Molto spesso infatti sistemi di infomobilità che avvertono di particolari e pericolose conformazioni della strada e prescrivono cautela e una riduzione della velocità di crociera possono produrre evidenti benefici in termini di riduzione incidentale laddove l'approccio classico avrebbe previsto un intervento strutturale sulla geometria del tracciato.

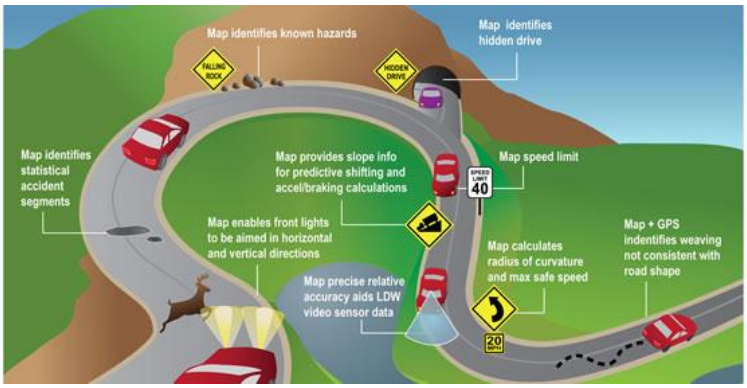


Figura 132: Sistemi di infomobility e ADAS come soluzioni innovative, gentemotori[123]

Analogamente sistemi di Assistenza alla guida possono indurre l'utente alla guida a moderare la velocità ed assumere comportamenti consoni alle caratteristiche dell'ambiente stradale, elementi che combinati con sistemi di segnaletica intelligente e dispositivi per la comunicazione infrastruttura veicolo possono rendere fruibile e realizzabile il meccanismo di abbattimento dell'influenza del fattore umano come fonte di rischio incidentale.

[123] Gentemotori, http://www.gentemotori.it

Figura 133: sistema di assistenza alla guida ADAS, sito web quattroruote[124]

La Tabella 51 riporta un quadro sintetico delle classi principali di azioni suggerite dal *Piano della Sicurezza Stradale Urbana PSSU* (Ministero dei Lavori Pubblici, 2001), attualizzate alle attuali disponibilità di interventi poiché integrate con esempi di applicazioni di sistemi ITS che possono essere sostitutive o complementari a soluzioni di tipo classico e più intrusivo. La sintesi riporta inoltre l'indicazione dell'attore responsabile dell'azione e la componente del sistema a cui essa si riferisce, elementi basilari nel successivo processo di valutazione e scelta delle stesse.

[124] Quattroruote, http://www.quattroruote.it

Classi di intervento	Sottoclassi di intervento	Interventi classici	Interventi innovativi	Attori	Area d'azione
Educazione	**Campagne informative**	Media locali, spot, materiali visivi, tavole rotonde, eventi cittadinilocali, concorsi nelle scuole	Social network, Mobile app, Giochi e quiz sul web o app	Enti Territoriali, Enti preposti alla gestione, Associazioni	Utenti
	Educazione stradale				
	Campagne di sensibilizzazione				
Controllo	**Controllo rispetto normative**		Sistemi di rilievo e monitoraggio automatico del traffico e delle infrazioni in tempo reale	Forze dell'Ordine	Utenti Strada
	Controllo uso cinture e casco				
	Controllo velocità				
	Controlo tasso alcolemico				
Ingegneria: gestione del traffico e della mobilità	**Potenziamento del trasporto collettivo e controllo della domanda**	Politiche di controllo domanda	Gestione della domanda con servizi di localizzazione degli utenti, Servizi di informazione alle utenze, Servizi di Car Sharing	Gestori delle reti di trasporto	Utenti
		Aumento della qualità offerta e della quantità dei servizi di trasporto collettivo	Infomobility, car Sharing, car pooling,		
	Gerarchizzazione funzionale dei rami della rete stradale	Adeguamento della funzione svolta alle caratteristiche esistenti	Migliorare le condizioni di esercizio con servizi di gestione basati su ITS	Gestori e proprietari delle reti	Strada veicoli
	Riorganizzazione della circolazione stradale	Migliore distribuzione delle correnti	Mobilità dinamica con sistemi di corsie variabili		
		Riduzione del numero dei conflitti	Sistemi di rilievo di occupazione degli incroci e informazioni		
	Moderazione del traffico	Zone 30	Sistemi on board per autolimitazione velocità		
		Zone Pedonali	Sistemi di varchi intelligenti		
		Zone a traffico moderato	Sistemi di paganeto eletronico per accessi		
		Zone a traffico limitato			
Ingegneria infrastrututrale	**Adeguamento delle caratteristiche geometriche e funzionali dei tronchi stradali e relativi impianti**	Adeguamento geometria	Sistemi di navigazione assistita e warning per geometrie e ostacoli imprevisti sul tracciato	Gestori e proprietari delle reti	Strada veicoli
		Sistemazione delel fasce di pertinenza stradale			
		Miglioramento della visibilità e/o Illuminazione	Servizi informazione su dispositivi a bordo veicolo su limiti e segnaletica		
		Miglioramento dell'impianto segnal			
		Manutenz. Evolutiva o conservativa della sovrastruttura stradale	Sistemi di sensori infrastructured based per autodiagnosi		
	Adeguamento delle caratteristiche geometriche e funzionali delle intersezioni e relativi impianti	Cambiamento del tipo intersezione	Sistemi di regolazione intelligenti		
		Adeguamento delle caratteristiche geometriche delle intersezioni			
		Miglioramento dell'impianto segnaletico	Servizi informazione su dispositivi a bordo veicolo su limiti e segnaletica		
		Miglioramento della visibilità e/o Illuminazione			
	Gestione delle velocità	Installazione di elementi di moderazione del traffico	Sistemi di warning e ADAS attiv		
		Adeguamento segnaletica eda ambiente stradale	Segnaletica intelligente		
	Protezione delle utenze deboli	Sistemazione fermate dei mezzi pub	Segnaltica intelligente e fermate interattive		
		Adeguamento percorsi perdonali e	Sistemi di segnalamento alle utenze		
Emergenza	**Tempestività di intervento**		e-call con sistemi di localizzazione Sistemi di infomobility e gestione dei percorsi	Vigili del fuoco Forze dell'Ordine Operatori sanitari	Strada veicoli

Tabella 51: Azioni classiche e soluzioni innovative

8.1.3 SCELTA DELLE AZIONI PER LA SICUREZZA

Il confronto tra il *Safe Mobility Index*, che sintetizza le reali condizioni strutturali e funzionali della strada, e lo *Smart Safe Mobility Model*, reso attraverso il complesso di criteri che traccia un modello ideale di strada sicura riferito alle stesse condizioni al contorno, conduce all'individuazione di un set di azioni atte a minimizzare la differenza tra i due stati di riferimento, al fine di mitigare le cause incidentali riconducibili all'infrastruttura. Le azioni presentano caratteristiche, potenziale risolutivo e oneri differenti, condizione che implica un processo di valutazione, scelta e progettazione degli interventi più idonei a raggiungere l'obiettivo di mitigazione dei fattori di rischio che intervengono sulla mobilità stradale.

Il processo che porta alla definizione della combinazione di azioni più adatte alla risoluzione delle criticità può essere affrontato secondo modalità diverse: criteri di Analisi Costi –Benefici (CBA) suggeriscono la soluzione migliore sulla base del computo degli oneri da affrontare per innalzare il livello di performance di sicurezza della strada reale al modello ideale , mentre Criteri di Efficacia possono individuare le azioni più efficaci per il raggiungimento dell'obiettivo a prescindere dal loro aspetto economico.

Analisi costi benefici

L'analisi Costi Benefici è un criterio di natura economica ampliamente applicato nel caso della valutazione tra alternative progettuali nel settore dell'ingegneria stradale, soprattutto in presenza di un ventaglio di possibili alternative agevolmente monetizzabili. I costi identificano tutti gli oneri economici, comprensivi degli investimenti necessari a realizzare e mantenere nel tempo efficace la soluzione prescelta, mentre per benefici si intendono tutti i fattori in grado di apportare un incremento di benessere per la collettività. Tra questi sono naturalmente annoverabili le conseguenza positive di interventi di sicurezza, quantificabili, in un periodi di vita utile pari a quello dell'intervento e in funzione della riduzione del numero di incidenti che ciascuna azione è potenzialmente in grado di attuare.

Il processo di valutazione di una soluzione progettuale inerente la tematica della sicurezza stradale, sulla base dell'analisi Costi Benefici si fonda sui seguenti passi fondamentali:

- Una stima di efficacia, in termini di numero di incidenti che possono essere prevenuti per unità di riferimento a seguito della realizzazione dell'intervento (tale parametro può essere valutato in relazione al numero di veicoli dotati di un sistema di assistenza o di sicurezza, o rapportato all'estensione chilometrica dell'azione di mitigazione)
- Una stima delle unità di intervento necessarie o della loro estensione (numero di veicoli attrezzati nella regione in relazione al Paese, o azioni su una strada Y in una regione / Paese X);
- Una stima dei costi di implementazione per una unità della soluzione ;
- Un metodo di estensione dei costi di implementazione su base annuale;
- Un valore monetario dei incidenti scongiurati, articolato in a diversi livelli di gravità, di vite salvate e impatti ambientali

Il criterio prescinde da una valutazione di efficacia delle possibili soluzioni, per questo assume un valore strategico in quei casi in cui è stato individuato, sulla base di criteri tecnici, una rosa di possibili soluzioni, come nel caso del metodo in esame; esso è applicabile sia a soluzioni di tipo classico e sia basate sull'impiego di nuove tecnologie. L'analisi costi benefici presenta la difficoltà di dover tradurre gli elementi alla base della valutazione in termini economici, condizione

perseguibile attraverso una serie di convenzioni e standardizzazioni che spesso risultano poco rispondenti e applicabili alla realtà.

Analisi Efficacia

Tale approccio, adottato in altri progetti orientati alla scelta di alternative per la mitigazione dei rischi stradali (progetto In-Safety[125]), si basa sul criterio fondamentale di efficacia in termini di raggiungimento di obiettivi preposti. Secondo tale metodologia infatti, ad ogni diversa alternativa progettuale è associato un potenziale di efficacia in relazione a diversi parametri che caratterizzano il l'area critica, in relazione alle tipologie incidentali più riscontrate e ai comportamenti da mitigare: l'attenzione in questo caso è centrata sul rapporto infrastruttura - uomo.

Uno tra gli studi presenti in letteratura (Cascetta E. et al, 2009) ha affrontato con approccio sistemico l'analisi dalla valutazione delle azioni per la mitigazione di cause di insicurezza, attraverso l'analisi di efficacia; il metodo fa riferimento a otto aree d'azione principali e le relative componenti prevalenti d'azione, come riportato in Tabella 52:

- Strada;
- Utenti;
- Veicoli;
- Utenze deboli;
- Gestione, servizi medici;
- Formazione ;
- Sistemi telematici.

Nel corso dell'analisi ogni area d'azione viene indagata e disaggregata nelle sue componenti elementari, a cui è associata una valutazione d'efficacia secondo una scala qualitativa che va da effetto marcato (***), moderato (**) a lieve (*). I passi fondamentali da compiere ai fini dell'analisi di efficacia di una soluzione progettuale risultano essere i seguenti:

- Analisi del ventaglio di azioni possibili in relazione alle criticità riscontrate (da confronto *Safe Mobility Index* e *Smart Safe Mobility Model*;
- Associazione di ogni azione con la riduzione delle conseguenze, in relazione ai diversi tipi di incidente, come sintetizzato in Tabella 54
- Associazione di ogni azione con il potenziale di prevenzione, in relazione ai diversi tipi di incidente, come sintetizzato in Tabella 53;
- Associazione di ogni azione con il potenziale risolutivo, in relazione ai utenti Tabella 55;
- Associazione di ogni azione con il potenziale risolutivo, in relazione alle cause di incidente Tabella 56;
- Analisi dei fenomeno incidentali in termini di punti neri ai fini di evidenziare le tipologie di sinistro ed i comportamenti errati più diffusi e gravosi;
- Valutazione di efficacia complessiva per ciascuna criticità riscontrata, in relazione alla tipologia di incidente o comportamento da mitigare che insiste in quell'area.

Tale analisi conduce alla definizione degli interventi più adatti alla risoluzione delle criticità riscontrate.

[125] IN-SAFETY, è un progetto che afferisce all' Sixth Framework Programme, che mira a mitigare le cause incidentali sulla strada attraverso azioni che possono contare sull'integrazione di metodologie classiche e nuove tecnologie ITS. Sito web http://www.insafety-eu.org/index.html.

	Aree d'azione	Strategie d'azione	Azioni
I	Strada	Adeguamento	Adeguamento geometria Adeguamento dispositivi di ritenuta e margini Segnaletica Pavimentazione Illuminazione Organizzazione della circolazione in ambito urbano Piani Stradali della Sicurezza in ambito urbano obbligatori
		Criteri di progetto per le nuove infrastrutture	Nuovi criteri di progetto che considerino esplicitamente le implicazioni sulla sicurezza
		Safety audits	Controllo della sicurezza in fase di esercizio e di progetto
U	Utenti	Campagne d'informazione	Divulgazione dei pericoli della guida e dei comportamenti sicuri
		Utilizzo cinture	Controlli Dispositivi a bordo veicolo Sanzioni
		Riduzione velocità	Revisione limiti Interventi strutturali Educazione Controlli Limitatori di velocità a bordo veicolo Strumenti gestionali
		Rispetto distanze di sicurezza	Segnaletica Controlli Longitudinal Coolision Avoidance a bordo veicolo Sanzioni
		Riduzione della guida in condizioni psico-fisiche alterate	Controllo stato alcolemico e assunzione droghe Riduzione tasso alcolemico consentito Controllo ore di guida dei conducenti professionisti Dispositivi a bordo veicolo per rilevare stato alcolemico e colpo di sonno Utilizzo di bande sonore per svegliare i conducenti che escono dalla carreggiata Sanzioni
		Trattamento dei guidatori a rischio	Educazione stradale Programmi di rieducazione Regole di guida per i giovani
D	Utenze deboli	Azioni per pedoni, ciclisti e motociclisti	Luci intermittenti per pedoni e ciclisti Maggiore uso del casco Obbligo all'uso del casco sui ciclomotori anche per i maggiorenni Obbligo alla guida con patente anche per i ciclomotori Controllo delle caratteristiche tecniche dei ciclomotori Illuminazione diurna obbligatoria
V	Veicoli	Sicurezza attiva e passiva	Controllo marcia Resistenza agli urti Dispositivi di sicurezza Compatibilità veicoli
M	Servizi medici	Primo soccorso e riabilitazione	Attivazione automatica chiamate d'emergenza Soccorsi
G	Gestione	Aspetti giuridici	Rimozione vincoli alle sanzioni Revisione responsabilità
		Aspetti amministrativi e organizzativi	Sistemi gestione sicurezza Potenziamento amministrazioni, garante Aumento sanzioni per violazioni influenti sulla sicurezza
		Aspetti tariffari	Road safety pricing Incentivazione modi di trasporto più sicuri
		Patenti	Revisione programmi Patente a punti
F	Formazione	Educazione scolastica	Inserimento sicurezza stradale nei programmi d'insegnamento
		Formazione tecnici	Scuole di specializzazione Corsi di formazione professionale
T	Telematica	Gestione del traffico, controllo del veicolo	Sistemi di controllo della marcia Sistemi di visione automatizzata Limitatori di velocità intelligenti Sistemi a bordo veicolo per controllare l'uso delle cinture Sistemi automatizzati per rilevare le infrazioni Sistemi di comunicazione strada-veicolo

Tabella 52: Area d'azione o Componente, Strategia d'azione e Azioni o Interventi, Cascetta E., 2009

	Aree d'azione	Tipologia incidenti				
		Scontri frontali	Tamponamenti	Altri tipi di collisioni tra veicoli	Fuoriuscite	Investimento pedone
I	Adeguamento geometria	***	***	***	***	**
	Adeguamento dispositivi di ritenuta e margini				***	
	Segnaletica	**		**	**	***
	Pavimentazione	*	*	*	***	**
	Illuminazione	*	*	*	*	***
	Organizzazione della circolazione in ambito urbano	**	**	**	*	***
	Criteri di progetto per le nuove infrastrutture	***	***	***	***	***
	Safety audits	***	***	***	***	***
U	Campagne d'informazione					
	Utilizzo cinture					
	Riduzione velocità	***	***	***	***	***
	Rispetto distanze di sicurezza	*	***			
	Riduzione della guida in condizioni psico-fisiche alterate	***	***	***	***	***
	Trattamento dei guidatori a rischio	*	*	*	*	*
D	Azioni per pedoni, ciclisti e motociclisti					***
V	Sicurezza attiva e passiva del veicolo	***	***	***	***	
M	Primo soccorso e riabilitazione					
G	Aspetti giuridici					
	Aspetti amministrativi e organizzativi	**	**	**	**	**
	Aspetti tariffari	**	**	**	**	**
	Patenti					
F	Educazione scolastica					**
	Formazione tecnici	**	**	**	**	**
T	Gestione del traffico, controllo del veicolo	**	***	***	**	*

Tabella 53: Effetti delle strategie d'azione sulla prevenzione degli incidenti, Cascetta E., 2009

	Aree d'azione	Riduzione delle conseguenze degli incidenti			
		Scontri frontali	Tamponamenti	Altri tipi di collisioni tra veicoli	Fuoriuscite
I	Adeguamento geometria				
	Adeguamento dispositivi di ritenuta e margini				***
	Segnaletica				
	Pavimentazione				
	Illuminazione				
	Organizzazione della circolazione in ambito urbano				
	Criteri di progetto per le nuove infrastrutture				***
	Safety audits				***
U	Campagne d'informazione				
	Utilizzo cinture	***	***	**	***
	Riduzione velocità	***	***	***	***
	Rispetto distanze di sicurezza				
	Riduzione della guida in condizioni psico-fisiche alterate				
	Trattamento dei guidatori a rischio				
D	Azioni per pedoni, ciclisti e motociclisti	***	***	***	***
V	Sicurezza attiva e passiva del veicolo	***	***	***	***
M	Primo soccorso e riabilitazione	***	***	***	***
G	Aspetti giuridici				
	Aspetti amministrativi e organizzativi				
	Aspetti tariffari				
	Patenti				
F	Educazione scolastica				
	Formazione tecnici				
T	Gestione del traffico, controllo del veicolo				

Tabella 54:Effetto delle strategie d'azione sulla riduzione delle conseguenze degli incidenti, Cascetta E., 2009

Aree d'azione		Tipo di utente				
		Auto	Commerciali	Motocicli	Bici	Pedoni
I	Adeguamento geometria	***	***	***	**	**
	Adeguamento dispositivi di ritenuta e margini	***	***	**		
	Segnaletica	***	***	***	***	***
	Pavimentazione	***	***	***		
	Illuminazione	***	***	***	***	***
	Organizzazione della circolazione in ambito urbano	***	***	***	***	***
	Criteri di progetto per le nuove infrastrutture	***	***	***	***	***
	Safety audits	***	***	***	***	***
U	Campagne d'informazione					
	Utilizzo cinture	***	**			
	Riduzione velocità	***	**	**	*	**
	Rispetto distanze di sicurezza	***	***			
	Riduzione della guida in condizioni psico-fisiche alterate	***	***	***	***	***
	Trattamento dei guidatori a rischio					
D	Azioni per pedoni, ciclisti e motociclisti			***	***	***
V	Sicurezza attiva e passiva del veicolo	***	**	**	**	**
M	Primo soccorso e riabilitazione					
G	Aspetti giuridici					
	Aspetti amministrativi e organizzativi					
	Aspetti tariffari					
	Patenti					
F	Educazione scolastica			***	***	***
	Formazione tecnici					
T	Gestione del traffico, controllo del veicolo	***	***			

Tabella 55:Effetto delle strategie d'azione rispetto alle classi di utenti Cascetta E., 2009

Aree d'azione		Cause d'incidente						
		Eccesso velocità	Alcool e droghe	Distanza Sicurezza	Semafori Precedenze	Guida distratta	Pavim. Sdrucciol.	Visibilità notturna
I	Adeguamento geometria							
	Adeguamento dispositivi di ritenuta e margini							
	Segnaletica	**		**	***	*		
	Pavimentazione						***	
	Illuminazione							***
	Organizzazione della circolazione in ambito urbano	**		*	***			
	Criteri di progetto per le nuove infrastrutture							
	Safety audits						**	**
U	Campagne d'informazione	***	***	***	***	***		
	Utilizzo cinture							
	Riduzione velocità	***		***			*	
	Rispetto distanze di sicurezza			***				
	Riduzione della guida in condizioni psico-fisiche alterate		***					
	Trattamento dei guidatori a rischio	***	***	***	***	***		
D	Azioni per pedoni, ciclisti e motociclisti				***			***
V	Sicurezza attiva e passiva del veicolo							
M	Primo soccorso e riabilitazione							
G	Aspetti giuridici	**	**	**	**			
	Aspetti amministrativi e organizzativi	*	*	*	*	*		
	Aspetti tariffari	**				**		
	Patenti	***	***	***	***	***		
F	Educazione scolastica	**	**	**	**	**		
	Formazione tecnici							
T	Gestione del traffico, controllo del veicolo	***		***	***		***	***

Tabella 56:Effetti delle strategie d'azione rispetto alle cause d'incidente, Cascetta E., 2009

Le relazioni tra le azioni e gli aspetti legati alla valutazione dei loro effetti è di tipo qualitativo: lo scopo è quello di fornire delle indicazioni di carattere generale che possano essere eventualmente specificate e valutate in relazione alla realtà analizzata.

La natura del metodo inoltre consente di creare un set di indicatori atti a valutare, per ogni aspetto considerato, un livello di performance di efficacia, consentendo la definizione della soluzione migliore in termini di efficacia.

Disponendo di una solida base incidentale (almeno di 3 anni per la significatività statistica) è possibile infatti, per ogni azione identificata tra il set delle possibili, calcolare quattro indicatori in grado di descrivere gli effetti che i singoli interventi possono apportare:

- Indicatore di Prevenzione Incidentale (*m=1*), con riferimento alla Tabella 53;
- Indicatore di Riduzione delle Conseguenze (*m=2*), con riferimento alla Tabella 54;
- Indicatore di Riduzione sulle tipologie di Utenze(*m=3*), con riferimento alla Tabella 55;
- Indicatore di Riduzione delle Cause Incidentali (*m=4*), con riferimento alla Tabella 56.

Gli indicatori presentano la stessa struttura:

$$I_m^n = \frac{\sum_n C_{n,m} \cdot P_{n,m}}{\sum_n C_{n,m\,MAX} \cdot P_{n,mMAX}}$$

Dove:

I è l'indicatore risultante per il l'azione considerata, in relazione a uno dei quattro aspetti riportati nell'analisi, ordinati secondo il parametro m;

n indica una delle categorie considerate (ad esempio se si considera m=1, n va da 1 a 5, ovvero quante sono le categorie d'incidenti considerate)

C rappresenta la valutazione dell'azione in corrispondenza delle diverse categorie; la valutazione di tipo qualitativo può essere trasformata in numerico, così da dare senso all'operazione matematica;

P rappresenta la probabilità che l'evento rappresentato dalla categoria si verifichi, ottenuto dall'analisi statistica dei dati incidentali.

Il denominatore rappresenta la condizione ideale di massima efficacia per l'azione considerata in base alle caratteristiche di incidentalità della rete: la combinazione lineare è ottenuta con il massimo valore di efficacia ($C_{n,m\,MAX}$), per una probabilità di accadimento pari alla massima riscontrata sulla rete per il dato aspetto: la normalizzazione è di tipo relativa, rapportata cioè al miglio caso riscontrabile nella realtà analizzata.

Ad ogni indicatore sarà dunque associato un valore numerico rappresentativo dell'efficacia dell'azione specifica analizzata rapportata alle caratteristiche di incidentalità, al fine della mitigazione degli effetti sull'insicurezza: gli indicatori consentono di valutare sia il singolo contributo in relazione ad ogni aspetto considerato, al fine di enfatizzare un aspetto che, in relazione alle condizioni territoriali e della rete, riveste un ruolo particolarmente, e sia di fornire una visione globale del beneficio prodotto.

La definizione di opportune soglie consente di effettuare una scelta in modo automatico, e con scaro grado di soggettività :l'indicatore infatti, sulla base dei singoli contributi che l'azione genera, stima l'efficacia attesa in funzione della tendenza pregressa del sito, in termini di eventi incidentali.

Tale metodo necessita di una buona base di dati incidentali, requisito che può introdurre delle incertezze a causa della mancanza i accuratezza fino ad oggi riscontrata nella localizzazione degli incidenti. L'approccio qualitativo apre possibilità di specificazione e valutazione del sistema di classificazione in relazione al contesto territoriale analizzato.

8.2 Attori e nuovi strumenti di governance per la sicurezza

Il processo metodologico, sulla base della valutazione delle performance di sicurezza della mobilità, e attraverso il confronto con un modello ideale, ha condotto alla valutazione di una strategia d'azione volta ad abbattere i fattori di rischio. La metodologia ha messo in luce la possibilità di risoluzione di una problematica mediante diverse strategie caratterizzate da diversi livelli di efficacia, e destinate ad agire su diverse aree d'azioni (o componenti del sistema), lasciando trasparire, anche in questo caso, la complessità alla base della tematica oggetto di studio. Le diverse azioni fanno capo in fase realizzativa ai diversi portatori di responsabilità, i quali hanno l'onere di gestione della strada e garanzia di sicurezza per gli utenti in movimento., con particolare riferimento agli Enti che hanno l'onere di gestione della strada.

Considerando inoltre le caratteristiche di variabilità spaziale e temporale che contraddistinguono la mobilità, affinché la metodologia sia garante della qualità delle informazioni e portatrice di innovazione, si rende necessaria una componente di monitoraggio ed aggiornamento delle azioni intraprese, in termini di benefici raggiunti e dei parametri rappresentativi del sistema di mobilità intelligente. Anche in questa fase l'innovazione abbraccia da un lato gli aspetti tecnologici per la caratterizzazione del territorio e delle dinamiche attraverso sistemi di acquisizione a diverse scale di indagine territoriale e temporale, ma soprattutto integra il contributo della collettività che diviene parte integrante del processo di monitoraggio ed aggiornamento.

Sulla base di queste premesse si analizzano i ruoli che i diversi attori svolgono in questa parte conclusiva della metodologia e gli strumenti a carattere innovativo che favoriscono processi di governance partecipati.

8.2.1 PORTATORI DI RESPONSABILITÀ

La metodologia ha come obiettivo la segnalazione delle criticità presenti sulla rete stradale, in grado di innalzare il livello di rischio per gli utenti che la percorrono, attraverso un approccio innovativo che fa dell'integrazione di fonti dati e di strumenti di analisi la strategia per giungere ad una lettura preventiva delle dinamiche di incidentalità.

Emerge il ruolo centrale che gli Enti preposti alla gestione della rete stradale rivestono in tale processo: ad essi è attribuita la responsabilità di farsi garanti delle buone condizioni dell'infrastruttura fisica sulla quale la mobilità prende atto, delle dinamiche dei flussi di traffico al fine di garantire standard di comfort e sicurezza adeguati per gli utenti.

Come visto nel corso dell'analisi multiattorale le azioni di Gestione e manutenzione, analisi delle condizioni di sicurezza e messa in atto di azioni di interventi giocano un ruolo fondamentale nella partita della *Smart Safe Mobility*, azioni che necessitano di una profonda conoscenza della realtà dei fenomeni e del patrimonio stradale di competenza.

Sulla base di tali necessità è loro compito inoltre, in un'ottica di ottimizzazione ed innovazione, dotarsi di strumenti e metodologie che siano di supporto alle loro attività, favorendo l'innovazione tecnologica e metodologica, alla base del cambiamento verso la prospettiva di Smart City. Contemporaneamente essi devono rendersi promotori, in collaborazione con altri

soggetti portatori di responsabilità, come Forze dell'ordine ed associazioni, di una nuova cultura della sicurezza stradale, e condividere esperienze e buone pratiche in materia di lotta all'incidentalità al fine del reale abbattimento di tale problematica.

Gli Enti Gestori rappresentano il fulcro di un sistema volto all'innovazione tecnologica e culturale sul versante della sicurezza stradale: attraverso la conoscenza, analisi e intervento sui diversi fattori del sistema strada e mediante l'impiego di nuovi strumenti tecnologici e partecipativi, hanno il compito di orientare l'agire comune verso una mobilità più intelligente e sicura.

8.2.2 PORTATORI DI DIRITTI

Il cambiamento culturale in atto, fortemente influenzato dal fattore tecnologico nel suo segmento comunicativo, ha posto gli utenti al centro di un nuovo sistema orientato alla partecipazione e alla condivisione. Anche il tema della mobilità sicura risente di tale cambiamento, proprio perché sono cambiate le esigenze e le abitudini degli utenti della strada: una maggiore consapevolezza nei confronti ella tematiche della sostenibilità ambientale e del risparmio energetico, e il disagio legato a condizioni di congestione che spesso attanagliano i centri urbani hanno contribuito alla nascita di una nuova coscienza nel cittadino in movimento.

Compito dell'utente, ai fini del raggiungimento dell'obiettivo della mobilità intelligente e sicura è quello di divenire un soggetto attivo all'interno del processo di governo della mobilità sicura, partecipando alle fasi di monitoraggio e analisi delle esigenze, facendosi portatore di una nuova cultura della sicurezza stradale. Le nuove tecnologie infatti consentono agli utenti di diventare sensori attivi sul territorio mediante strumenti di segnalazione e geotagging in grado di contribuire alla fase di monitoraggio delle condizioni in esercizio e attraverso sistemi *wiki* di partecipare ai processi decisionali.

8.2.3 PROCESSI MULTIATTORIALI DI GOVERNANCE

Il processo di innovazione alla base del paradigma di Smart City vede tra le sue componenti principali la partecipazione dei diversi soggetti al raggiungimento di uno scopo attraverso i loro diversi contributi, con particolare riferimento alla componente conoscitiva e partecipativa del processo di gestione della città. Il funzionamento del sistema di avvale di un quadro conoscitivo a di u a profonda mappatura delle esigenze che solo mediante un'ottica multiattoriale è possibile ottenere. A tale scopo la *governance* territoriale fa propri i nuovi paradigmi di tale approccio, cercando di orientare il processo di pianificazione e gestione verso un'ottica di condivisione.

In tale i portatori di diritti sono coinvolti nei processi di *governance* attraverso modalità e strumenti dedicati ,in grado di rendere disponibile il loro punto di vista sulla tematica, aspetto fondamentale nel nuovo approccio preventivo all'incidentalità.

Un esempio di tale processo è parte del sistema realizzato per il progetto Sicuri sulle Strade in provincia di Rovigo, il segmento decisionale è operato per mano di un particolare organo, la "Consulta", che ha il compito di tradurre in azioni concrete l'esito delle analisi per la valutazione della pericolosità percepita sulla strada. La Consulta rappresenta un valido strumento di partecipazione multiattoriale poiché a tale tavolo di lavoro partecipano sia soggetti interni all'ente gestore e sia esterni, nell'ottica della sussidiarietà orizzontale e sinergica nell'approccio ai problemi della sicurezza stradale: il suo scopo principale è la valutazione dell'efficacia delle azioni realizzate e la predisposizione di interventi di monitoraggio e mitigazione, sulla base di un quadro conoscitivo aggiornato sulla base dei modelli del *Road Model* e del *Road Sensing*, e attraverso strumenti di sintesi forniti per l'analisi delle condizioni di mobilità.

Il metodo di lavoro della Consulta mira al coinvolgimento di quei soggetti che, in modelli di governance tradizionali, operano in maniera autonoma, ma che in un'ottica di rete ed integrazione sono chiamati a partecipare al dibattito. Secondo questo modello ogni soggetto porta esperienze, professionalità e risorse diverse, in un'ottica di totale collaborazione verso obiettivi condivisi .La modalità di partecipazione è su base volontaria, e chiama i soggetti partecipanti ad aprire un dibattito sulla base dei prodotti del sistema di analisi realizzato, nel caso del progetto di Rovigo si tratta della Mappa del Rischio e di indicatori rappresentativi dei trend incidentali.

Figura 134:Mappa del Rischio come strumento basilare per il dibattito, Sicuri sulle Strade

Figura 135:Indicatori di incidentalità come strumenti basilari per il dibattito, Sicuri sulle Strade

Tali strumenti, integrato con sistemi di partecipazione alle utenze di matrice wiki come geoblog e sistemi di segnalazione, rappresentano la base informativa sulla quale si innesta il processo di valutazione delle azioni, portando così allo sviluppo di sistemi di co-valutazione e progettazione delle azioni da realizzare per promuovere l'innovazione e la sicurezza in materia di mobilità sicura ed intelligente.

8.3 Riflessioni sul Capitolo 8

La fase *Safe Smart Mobility* rappresenta il segmento decisionale ed attuativo del metodo: sulla base del confronto tra modello reale dell'infrastruttura, *Safe Mobility Index*, con il modello ideale *Smart Safe Mobilty Model*, i soggetti portatori di responsabilità sono in grado di valutare le emergenze e le priorità della rete, nonché migliori e più efficaci azioni mi mitigazione ai fini della riduzione dei fattori di rischio presenti.

Il vantaggio di disporre di uno strumento in grado di fornire un primo livello di analisi oggettivo, sul quale instaurare tavoli di decisione multiattoriale è senza dubbio un grande vantaggio per gli enti preposti alla gestione, sia per una migliore amministrazione delle problematiche delle risorse, e sia ai fini della trasparenza.

Lo strumento realizzato infatti facilita ed incoraggia la partecipazione anche di soggetti non istituzionali a sezioni dedicate dei tavoli di lavoro, e fornisce gli strumenti per costruire processi di monitoraggio e valutazione delle azioni in maniera partecipata, per meglio rispondere alle esigenze espresse dal territorio e dai suoi cittadini.

L'innovazione tecnologica è presente in questa fase del metodo come introduzione di azioni basate su tecnologie ITS all'interno della valutazione delle diverse alternative per la gestione ed il monitoraggio, offrendo la possibilità di ampliare il ventaglio di soluzione, cercando di corrispondere al meglio alle esigenze emerse dall'analisi.

9 CONCLUSIONI

Il presente elaborato ha come principale obiettivo quello di tracciare un quadro di riferimento sul tema della mobilità stradale sicura, analizzarne le prospettive e proporre un metodo di studio fortemente imperniato sull'uso delle nuove tecnologie e ispirato ai principi di innovazione verso i quali la transizione in atto ci sta guidando. Il reiterarsi negli anni dell'ingente tributo di vittime legato all'incidentalità ha spinto il mondo istituzionale e della ricerca a focalizzarsi sulle metodologie di analisi di tale problematica, al fine d'individuarne le cause al fine di mitigarne l'entità e gli effetti: metodologie di analisi di stampo deterministico e probabilistico hanno prodotto risultati verticali in merito a aspetti isolati del fenomeno. L'incidente stradale è il risultato di una coesistenza di condizioni che coinvolge tutti i fattori del *Sistema Strada*: strada-ambiente-veicolo-utente, all'interno di un equilibrio altamente instabile che può risentire dell'azione di ognuno di tali fattori e soprattutto della loro mutua interazione.

E' evidente che la condizione di sicurezza è perseguibile solo agendo sulle cause che possono innescare un sinistro, presupponendo un approccio sinergico su tutti i fattori del Sistema: l'innovazione in corso fornisce la visione per perseguire tali obiettivi attraverso il modello Smart City, che fa dell'approccio olistico la sua formulazione basilare.

Il processo in atto spinge, nel prossimo futuro, verso sistemi cooperativi strada-veicolo, in grado di minimizzare i fattori di rischio grazie alla condivisione di informazioni circa le loro condizioni, abbattendo il rischio incidentale; tuttavia ad oggi siamo lontani ad questa condizione, vista l'inadeguatezza funzionale e strutturale della rete stradale, e la disomogeneità di diffusione dei dispositivi di assistenza alla guida.

Alla luce di tali considerazioni il problema della sicurezza stradale è stato analizzato all'insegna dell'innovazione tecnologica e culturale in atto: ai fini di produrre benefici immediati relativi al tema dell'incidentalità, è necessario un approccio preventivo, imperniato sul paradigma della conoscenza e della condivisione, supportato da modelli conoscitivi innovativi e sistemi di analisi efficaci e funzionali a supportare processi di *governance* territoriale.

Tale visione ha trovato realizzazione nella progettazione e sperimentazione di una metodologia orientata all'analisi delle performance di sicurezza di una infrastruttura stradale, all'interno di un approccio preventivo al fenomeno dell'incidentalità, ispirato alla teoria olistica. La realizzazione di specifici modelli conoscitivi quali il *Road Model* e *Sensing* hanno evidenziato rapporti di causalità attraverso l'integrazione di diverse fonti informative, conducendo ad un ottimale grado di approfondimento sugli aspetti caratterizzanti il fenomeno. Tuttavia, mentre la costruzione del *Road Model* è stata completamente realizzata attraverso integrazione di dati provenienti da giacimenti informativi, con altri acquisiti con specifici rilievi ad elevato contenuto sperimentale, la fase di *Sensing* è stata sperimentata solo per quanto concerne la componente di segnalazione *wiki*, mentre il rilievo di dati di traffico è in fase di progettazione e realizzazione nel progetto *Viamont Street Model*. L'apporto delle nuove tecnologie si è rivelato strategico nella fase di acquisizione di fonti informative per la creazione di innovativi modelli conoscitivi, soprattutto grazie all'elevata modularità e flessibilità delle soluzioni tecnologiche sperimentate: l'architettura del sistema Mobile Mapping stradale è stata variata in relazione alle finalità dei rilievi, utilizzando sia sensori fotografici e sia tipologie diverse di laser scanner ai fini della valutazione delle loro potenzialità, nel rispetto dei requisiti di accuratezza e precisione richiesti.

La metodologia di analisi delle performance di sicurezza realizzata, che si traduce nella definizione di un set di indicatori ed un indice che costituiscono il *Safe Mobility Index*, ha

evidenziato, nelle esperienze condotte, affidabilità e rispondenza alle reali condizioni di esercizio. Tale condizione è stata perseguita anche a valle dei processi iterativi di *Tuning* effettuati con panel di attori, evidenziando il l'importanza del contributi degli utenti, in grado di fornire un importante punto di vista interno al sistema, sposando così l'ottica delle teorie di *Safety Review Analysis*. La metodologia realizzata ha evidenziato un marcato carattere "locale" legato all'influenza che i fattori territoriali e naturali giocano sul livello di sicurezza, soprattutto in termini delle loro reciproche interazioni. Il metodo realizzato e sperimentato fornisce i caratteri generali e i passi logici per la realizzazione degli strumenti adatti alla valutazione delle performance di sicurezza della mobilità, rimandando all'analisi del caso specifico per quanto concerne la scelta di parametri interni degli indicatori, e del sistema di pesi. Gli indicatori inoltre sono stati definiti in maniera relativa, ovvero in relazione a soglie critiche riscontrate all'interno della rete stradale, elemento che, sulla base di un campione significativo di esperienze, potrebbe portare alla definizione di trend in relazione alle caratteristiche territoriali.

La procedura di creazione dello *Smart Safe Mobility Model* , il modello ideale di riferimento per la mobilità, ha trovato qualche difficoltà nella definizione dei parametri e delle soglie caratteristiche, soprattutto per quanto concerne la caratterizzazione geometrica della strada: a causa di una mancanza di fondo di riferimenti legislativi per la gestione delle strade in esercizio si è fatto riferimento, per quanto concerne i fattori di considerare, alle schede per l'analisi di sicurezza di strade in esercizio (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2011), mentre per la definizione delle soglie per la classificazione si è operata, nei casi applicativi, una dettagliata revisione della letteratura di settore al fine di definire degli standard di riferimento.

Per quanto concerne il sistema di suggerimento delle azioni, mentre la valutazione dell'efficacia dei metodi classici è ampiamente documentata in letteratura, si è riscontrato un deficit di riferimenti significativi per valutare il potenziale di miglioramento di interventi basati su *Intelligent Transportation System*, proprio per la scarsa diffusione di tali sistemi, e soprattutto perché tale la presenza di tali dispositivi non viene ad oggi rilevata tramite i modelli di rilevazione incidentale CCT/INC nei veicoli coinvolti in sinistri

Gli aspetti di sperimentazione tecnologica con sistema Mobile Mapping stradale hanno confermato l'importanza di tali piattaforme caratterizzate da elevata produttività e flessibilità si fini della costruzione di modelli conoscitivi innovativi: l'impiego congiunto di sensori fotografici e laser scanner ha permesso di indagare diverse dimensioni territoriali, on possibilità di variare il livello di accuratezza ed il tipo di dato in relazione alla caratteristica precipua da analizzare. Il maggiore contenuto sperimentale è stato rivelato dalla sperimentazione congiunta con due tipologie diverse di laser, al fine di comprenderne le potenzialità e i segmenti specifici di applicazione: l'esperienza ha rivelato che il Minilaser presenta buone caratteristiche in fase di rilievo speditivo della larghezza della carreggiata e della pendenza trasversale, mentre per l'analisi delle rugosità del manto stradale è necessario operare con sistemi laser scanner di precisione e in modalità statica o stop and go.

Dall'analisi effettuata a dai risultati ottenuti dalla sperimentazione emerge che l'innovazione insita nel paradigma di *Smart City* necessita di un'azione sinergica su diversi fronti: il versante tecnologico ha raggiunto livelli di diffusione e sviluppo tali da fornire gli strumenti in grado di corrispondere alle esigenze di indagine territoriale, modellazione, strutturazione e diffusione dei contenuti, mentre aspetti che necessitano di migliorie riguardano l'acquisizione di dati georiferiti da parte dei canali istituzionali, come ad esempio il rilievo degli eventi incidentali da

parte delle Forze dell'Ordine, e protocolli di diffusione e modalità di condivisione delle informazioni anche verso soggetti non addetti ai lavori.

Sul fronte culturale l'innovazione deve coinvolgere tutti i soggetti che a vario titolo sono coinvolti sul tema della mobilità sicura: essa deve incoraggiare i soggetti preposti alla gestione della rete stradale a farsi promotori di buone pratiche per l'analisi e la classificazione della sicurezza, al fine di perseguire, in un'ottica di condivisione ed integrazione, gli obiettivi proposti dall'Unione Europea

La componente sociale contribuisce in gran misura al processo di innovazione poiché il fattore umano determina quota parte degli eventi incidentali e contemporaneamente non è soggetto a vincoli in fase di guida, se non quelli imposti dalla norma e dalla sua percezione del rischio: una maggiore cultura della sicurezza stradale è fondamentale per suggerire agli utenti comportamenti corretti alla guida. A tal fine processi di coinvolgimento e approcci *wiki* possono apportare benefici, non solo sul piano dei processi conoscitivi e di monitoraggio, ma creare un rinnovato di fiducia nei confronti degli enti di gestione favorendo il trasferimento culturale.

Parallelamente anche il versante normativo ed organizzativo deve seguire l'innovazione: ad oggi sono stati compiuti i primi passi per l'inclusione delle nuove tecnologie e dell'approccio preventivo nel panorama legislativo.

Sotto queste premesse l'obiettivo raggiungibile nel breve termine vede in prospettiva il paradigma di *Smart Vehicles on Smart Roads*, ma per corrispondere ad esigenze stringenti è necessario predisporre strumenti efficaci atti a favorire la conoscenza profonda delle infrastrutture e delle dinamiche della mobilità, all'interno di un quadro condiviso tra i diversi attori e orientato l'individuazione preventiva delle potenziali cause incidentali, ed alla mitigazione delle cause, attraverso l'integrazione di metodologie classiche ed innovative, condizioni propedeutiche alla realizzazione della mobilità intelligente

10 BIBLIOGRAFIA

ACI e ISTAT, 2013 a, "Incidenti stradali in Italia", Fonte sito web ISTAT , http://www.istat.it/it/archivio/93694, consultato 7/12/3013.

AASHTO*, 2001*, Highway Capacity Manual. Transportation Research Board, Washington, D.C. 2000. ISBN 0-309- 06681-6

Aci e Censis, 2012, "Dov'è finita l'auto? Analisi di una crisi senza precedenti", XX Rapporto Aci-Censis, Roma, Dicembre 2012, http://www.aci.it/fileadmin/documenti/studi_e_ricerche/monografie_ricerche/RAPPORTI_ACI_CENSIS/ACI-CENSIS_2012.pdf,

ACI e ISTAT, 2013 b, "Incidenti stradali in Italia", Stima preliminare.Anno 2012. Giugno 2013, Fonte sito web ACI, http://www.aci.it/fileadmin/documenti/studi_e_ricerche/dati_statistiche/incidenti/Stima_preliminare_incidenti_stradali_2012.pdf, controllata il 15/11/2013

Autori AASHTO, 2001, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets , AASHTO, 6 Edizione, Washington DC, 2001, Fonte web: Google Books, http://books.google.it/books?id=puLERKfS0RcC&printsec=frontcover&hl=it&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, consultato il 25/11/2013

Autori AASHTO, *2010*, Highway Safety Manual, AAHSTO,1 Edizione, Washington DC,2010

Autori AIPCR, 2010 a, Infrastrutture stradali più sicure Fase I : I Ciriteri, Comitato tecnico C1, XXVI Convegno Nazionale Stradale,Roma 2010, Firenze University Press 2010. Proceding Reeport; 66-ISBN 978-88-6453-141-0 print

Autori AIPCR, 2010 b, Metodologie e criteri per la gestione del patrimonio stradale, Comitato tecnico D1, XXVI Convegno Nazionale Stradale, Roma 2010.

Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera , 2013 a, "Sicurezza",Wikipedia, L'enciclopedia libera, http://it.wikipedia.org/wiki/Sicurezza, controllata il 20/12/2013

Autori *di Wikipedia, l'enciclopedia libera ,2013 b*,"Analisi costo-benefici",Wikipedia, L'enciclopedia libera,http://it.wikipedia.org/wiki/Analisi_costi-benefici#Disponibilit.C3.A0_A_Pagare_.28DAP.29_e_Disponibilit.C3.A0_Ad_Accettare_.28DAA.29, controllata il 20/21/2013

Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera, 2013 c, "OECD",Wikipedia, L'enciclopedia libera,http://en.wikipedia.org/wiki/OECD , controllata il 20/12/2013

Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera , 2013 d, "ITF",Wikipedia, L'enciclopedia libera,http://en.wikipedia.org/wiki/International_Transport_Forum , controllata il 20/12/2013

Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera , 2013 f, "Url",Wikipedia, L'enciclopedia libera ,http://it.wikipedia.org/wiki/Uniform_Resource_Locator (controllata 27/12/2013)

Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera , 2013 g, "Pioggia",Wikipedia, L'enciclopedia libera, http://it.wikipedia.org/wiki/Pioggia (controllata il24/12/2013)

Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera, 2013 e, "Rischio",Wikipedia, L'enciclopedia libera,http://it.wikipedia.org/wiki/Rischio , controllata il 20/12/2013

Autori di Wikipedia, l'enciclopedia libera, 2014 a, ""Sistema di posizionamento Galileo",Wikipedia, L'enciclopedia liberahttp://it.wikipedia.org/wiki/Sistema_di_posizionamento_Galileo, controllata il 4/01/2014

Autori FHWA, 1999, " Evaluation of design consistency methods for two-lane rural highways",FHWA-RD-99-173, Sito web: US Department of Transportation,-Federal Highway

Administration-TechBrief , http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/99174/index.cfm, Novembre 1999

Autori FHWA, 2000, "Alternative design consistency rating methods for two-lane rural highways". U.S. Departement of Transportation Research/Federal Highway Administration - Research, Development, and Technology Turner-Fairbank Highway Research Center, 08/2000;)

Autori PIARC, 2003, Road safety Manual, Recomandations from the World Road Associations ,

Autorità di Bacino Fiume Tevere, 2013, "PAI- Piano Assetto idrogeologico", http://www.abtevere.it/node/88, controllata il 15/12/2013

Awatta M., Hassan Y., Sayed, T, 2006, "Quantitative Evaluation of Highway Safety Performance Based on Design Consistency" , Advances in transportation studies. IX(A), 29-44. 2006

Baker J.S., Ross H.L., 1961, " Concepts and classification of traffic accident causes (Part 1). International Road Safety and Traffic Review, 9(31), 11-18.

Bekiaris E., Wiethoff M., Gaitanidou E., 2011, "Infrastructure and safety in a collaborative world. Road Traffic Safety" .Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011, ISBN - 978-3-642-18371-3

Benedetto A., Benedetto C., De Blasiis M.R. ,2004, ""A new effective approach to accidents prediction to improve road's design regabilitation"", Advances in Transportation Studies an international JournalSection A 4, 5-32 ARACNE, (2004) "

Berkovitz A. , 2001, "The Marriage of Safety and Land-Use Planning: A Fresh Look at Local Roadways" , Federal Highway Administration , Publications , Public Roads Sept/Oct 2001 Vol. 65 · No. 2, Fonte sito web FHWA , http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/01septoct/marriage.cfm

Bortkiewicz L. von. ,1898 , Das Gesetze der kleinen Zahlen. B.G. Teubner, Leipzig.

Bosurgi G. , D'Andrea A ., Pellegrino O., 2003, "Il VLI (Visual Load Index) quale nuovo indicatore dei tracciati stradali". XIII Convegno Nazionale S.I.I.V. - Padova 10/2003;

Burrough P.A. (1986), Principles of geographical information systems for land resource assessment, Clarendon Press, Oxford, U.K, 194pp.

Canale S. , Leonardi S., Fabiano Cinzia, 1998a, "Il concetto di rischioe gli ambiti applicativi dell'analisi del rischio", Quaderno n.100, Istituto Strade ferrovie e Aeroporti, Catania 1998.

Canale S. , Leonardi S., Fabiano Cinzia, 1998b, "L'analisi del rischio a supporto degli strumenti per l'adeguamento funzionale delle infrastrutture viarie" - Atti del Convegno SIIV (Adeguamento funzionale e manutenzione delle infrastrutture viarie) - Milano - 19/20 Ottobre 1998.

Canale S. et al., 2009, Progettare la sicurezza stradale- Criteri e verifiche di sicurezza per la progettazione e l'adeguamento degli elementi delle infrastrutture viarie: intersezioni, tronchi, sovrastrutture, gallerie, opere idrauliche, barriere di sicurezza, illuminazione, segnaletica ed interventi di traffic calming, Edilizia, Quadernio per la progettazione, EPC Libri, Roma , 2009

Canale S., Leonardi S., (2010), " Sicurezza stradale e geometria verticale dei tracciati. Ottimizzazione dei criteri di progetto sulla base delle prestazioni operative dei mezzi pesanti". Atti del XXVI Convegno Nazionale Stradale dell'A.I.P.C.R. Roma, 27/30 Ottobre 2010

Canale S., Leonardi S., Fabiano C.,1998, "L'analisi del rischio a supporto degli strumenti per l'adeguamento funzionale delle infrastrutture viarie", Atti del Convegno SIIV (Adeguamento funzionale e manutenzione delle infrastrutture viarie) - Milano - 19/20 Ottobre 1998

Canale S., Leonardi S., Nicosia, F., 1998, " Criteri di adeguamento delle infrastrutture stradali alla luce del progresso tecnologico degli autoveicoli" - Atti del Convegno SIIV (Adeguamento funzionale e manutenzione delle infrastrutture viarie) - Milano - 19/20 Ottobre 1998

Canale,S. , Leonardi, S. , Nicosia, F., 1996, Analisi critica del fenomeno dell'aderenza in campo stradale e ferroviario, Quaderno n.88 - Istituto di Strade Ferrovie ed Aeroporti - Catania - Settembre 1996

Cascetta E. et al, 2009 Cascetta E., Giannattasio P., Montella A., Polidoro R.,(2009), "Un approccio integrato per il miglioramento della sicurezza stradale: scenari, linee d'azione e proposte di ricerca", volume di 192 pp. pubblicato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche - Progetto Finalizzato Trasporti 2, ottobre 1999.

Cialini P., 2002, "Lo scenario nazionale: indirizzi generali e linee guida di attuazione del Piano nazionale della sicurezza stradale", in I dati socio-sanitari della sicurezza stradale, Istituto Superiore di Sanità, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Roma,2001, pp. 19-24; http://www.iss.it/binary/stra/cont/L_2001_019.pdf"

Cohen B., 2013, The Top 10 Smartest European Cities. http://www.fastcoexist.com/1680856/the-top-10-smartest-european-cities#3. consultato il 30/12 (2013)

Commissione Europea, 2010 a, "Energy 2020 - A strategy for competitive, sustainable and secure energy". http://ec.europa.eu/energy/strategies/2010/2020_en.htm

Commissione delle comunità europea, 2006, "Comunicazione della Commissione sull'iniziativa "Automobile intelligente" - "Sensibilizzazione all'uso delle TIC per dei veicoli più intelligenti, più sicuri e più puliti", COM(2006) 59, http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0059:FIN:IT:PDF

Commissione europea (2007), "Libro Verde, Verso una nuova cultura della mobilità urbana" , COM (2007) 551. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0551:FIN:IT:PDF

Commissione Europea , 2003 a, ""salvare 20 000 vite sulle nostre strade. una responsabilità condivisa"".programma di azione europeo per la sicurezza stradale. comunicazione della commissione com(2003) 311 def.belgio, 2003

Commissione Europea , 2003 b, "Dimezzare il numero delle vittime sulla strada nell'Unione europea entro il 2010: una responsabilità condivisa",Terzo programma di azione europea per la sicurezza stradale. 2003.

Commissione Europea , 2009, "Piano d'azione sullamobilità urbana)COM(2009) 490. http://europa.eu/legislation_summaries/transport/mobility_and_passenger_rights/tr0027_it.htm

Commissione Europea , 2010,"DIRECTIVE 2010/40/EU EUROPEAN ITS COMMITTEE – (EIC) - Brussels, Luglio 2010.

Commissione Europea, 1997, "Promuovere la sicurezza stradale nell'Unione europea: il programma 1997 –2001", Comunicazione della Commissione al Consiglio al Parlamento europeo al Comitato Economico e Sociale, al Comitato delle Regioni. Bruxelles, 9 aprile 1997, COM(97)131

Commissione Europea, 2001, "La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte ", Libro Bianco, [COM(2001) 370 def 2001 Bruxelles 2001. Europa- Siti della legislazione UE ,http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52001DC0370:IT:HTML

Commissione Europea, 2008 a, Promuovere la crescita e l'occupazione rispettando gli impegni in materia di cambiamenti climatici European Commission - IP/08/80 , 2008 , http://europa.eu/rapid/press-release_IP-08-80_it.htm?locale=en

Commissione Europea, 2008 b, "" Piano d'azione per la diffusione di sistemi di trasporto intelligente in Europa "", Comunicazione della Commissione, COM (2008) 886, http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0886:FIN:IT:PDF "

Commissione Europea, 2010, "Toward a European road safety area: policy orientations on road safety 2011-2020" , omunicazione della Commissione al Consiglio al Parlamento europeo al Comitato Economico e Sociale, al Comitato delle Regioni, COM(2010) 389 final, Brusselles, Luglio2010

Commissione Europea, 2011a, "Smart Cities and Communities",http://ec.europa.eu/eip/smartcities/

Commissione Europea, 2011b, "LIBRO BIANCO: Tabella di marcia verso uno spazio unico europeo dei trasporti - Per una politica dei trasporti competitiva e sostenibile ". http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:IT:PDF

Condotta M., Borga G., 2013, 'Sensing' the city model to improve effectiveness of digital resources. In: Territorio Italia. Governo del Territorio, Catasto, Mercato immobiliare. Periodico d'Informazione tecnico-scientifica. Anno XII n. 2/2012. Pag 85-93.

Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1980 CNR, (1980), Norme sulle caratteristiche geometriche ddelle strade extraurbane" -BU n 78 del 28/7/1980

Cook D., Das S., 2005," Smart Environments: Technology, Protocols and Applications". Wiley Interscience. ISBN 0 471 54448 5

Cresswell W. L. , Froggatt P. ,1963,"The causation of bus driver accidents. Enepidemiological study." Oxford University Press, London.

D'Agostino C., Distefano N., Leonardi S. ,2010, "Integrazione tra Sistemi Informativi Territoriali e tecnologia di navigazione satellitare per la gestione in sicurezza della mobilità pedonale". Atti del XXVI Convegno Nazionale Stradale dell'A.I.P.C.R. Roma, 27/30 Ottobre 2010

Dahiya A., Dr. R. K. Chauhan, 2010,"A comparative study of MANET and VANET Environment", Journal of computing, Vol2, Issue 7, Luglio 2010, ISSN 2151-9617. http://www.scribd.com/doc/34832829/A-Comparative-study-of-MANET-and-VANET-Environment, consultato il 4/1/2014

D'Andrea A. ,2010,"Una metodologia per la valutazione del rischio sismico di una rete stradale extraurbana in presenza di budget limitato.,Gestione del rischio operativo nell'esercizio delle strade-Quaderno AIPCR C3 pp 101-117, xxvi Convegno nazionale delle strade, Roma, 2010.

De Biase L. , 2013, L'intelligenza delle Smart City, http://blog.debiase.com/2012/04/lintelligenza-delle-smart-city/, consultato il 30/12/2013

De Olivera Fernandez E. et al. , 2011, Smart Cities Initiative: How to Foster a Quick Transition towards. Local Sustainable Energy Systems, Final Report January 2011, http://www.eui.eu/Projects/THINK/Documents/THINKsmartcitiesReport.pdf

Decreto del Presidente della Repubblica 1992, D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495 Gazzetta Ufficiale 28 dicembre 1992, n. 303, S.O., Regolamento del Codice della Strada.

Distefano N. ,2010, Proposta di strumenti a supporto dell'analisi disaggregata degli incidenti: elaborazione di un elenco Distefano N. (2010), "Proposta di scenari e nuova definizione dello scenario critico, Memorie Congressuali XXVI Convegno Nazionale Stradale,Roma 2010, pp. 113-132,Firenze

Domenichini L., Martinelli F., Vadi P., 2009, "Identificazione degli interventi di ingegneria", 3° Congresso Nazionale sul Monitoraggio: casualità e causalità nell'ambito dell'incidentalità stradale: come intervenire, Arezzo, Febbraio 2009, Privincia di Arezzo

Edwards J.B., 1998, The Relationship Between Road Accident Severity and Recorded Weather. Journal of Safety Research 29 (4), 249-262.

Eksler V., 2007, "The role of structural factors in road safety ", Fonte sito web ECTRI- European Conference of Transport Research Institute, http://www.ectri.org/YRS07/Papiers/Session-7/Eksler.pdf

El Faouzi N. et al. ,2010, El Faouzi N., Billot R. ,Nurmi P., Nowotny B., (2010), SIRWEC 2010: 15th International Road Weather Conference , QUÉBEC CITY, CANADA (5-7TH FEBRUARY 2010)

Elvik R, 2004, "To what extent can theory account for the findings of road safety evaluation studies?", Accident Analysis and Prevention, 36, p. 841-849.)

Elvik R., Vaa T., 2004, The Handbook of Road Safety Measures. Elsevier Amsterdam, ISBN: 0-08-044091-6, pp.66 & pp. 676-803

ETSC ,2012, "A Challenging Start towards the EU 2020 Road Safety Target", 6th PIN Report, - ISBN: 9789076024363, Giugno 2012.

Fistola R. , La Rocca R.A.,2013, Smart City: un'occasione per rivedere i compiti della pianificazione urbana, XVIII Congresso Nazionale Istituto Nazionale Urbanistica, Salerno 2013. http://www.inusalerno2013.it/inu/attachments/article/80/26%20Fistola_LaRocca_Tema%202.pdf

Fistola R. 2013, "Smart city.Riflessioni sull'intelligenza urbana", TeMA Journal of Land Use Mobility and Environment, DICEAand Environment, DICEA-Università degli Studi di Napoli Federico II vol 6, n. 1(2013) Smart Cities: Researches, Projects and Good Practices for the City, http://www.tema.unina.i

Fleury D., 1991, "Recognition of driving situations and road legibility, 4th workshop of international cooperation on theories and concepts in traffic safety (ICTCT), Vienna, pp.13-20, 1991.

Forbes T. W. ,1939, "The normal automobile driver as a traffic problem". Journal of General Psychology, 20, 471–474.

Forst DB., Andreescu M., 1998 Andreescu M, Frost DB. (1998), "Weather and traffic accidents in Montreal", Canada. Climate Res. 1998;9: 225–230.

G. Al Haji , 2005, Towards a Road Safety Development Index (RSDI), Development of an International Index to Measure Road Safety Performance . Linköping Studies in Science and Technology. Licentiate No. 1174 , ISBN 91-85299-70-7 , Norrköping, Sweden 2005

G. Ambrosino et al., 2012 G. Ambrosino, M. Boero, J.D. Nelson, M. Romanazzo, (2012), Infomobility systems and sustainable transport services, ENEA, 2012, Fonte sito web : Enea, http://www.enea.it/en/publications/abstract/infomobility-systems-and-stustainable-transport-services

Giffinger R. et al., 2007 Giffinger R. et al., (2007), Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Kalasek R., Pichler-Milanovic N., (2007) E. "Smart cities – Ranking of European medium-sized cities". http://www.smart-cities.eu/.

Giunta regionale Veneto, 2004, "Atti di indirizzo" , art. 50 LR n. 11 del 2004 , fonte sito web Regione Veneto, http://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/dalla-a-alla-z-dettaglio?_spp_detailId=44942

Glennon J.C et al., 1978 Glennon J.C., Harwood, D.W., Free, S. and Gray, C.W. (1978), Highwa Design Consistency and Systematic Design Related to Highway Safety. Transportation Research Record, no. 681, Nationa Research Council, Washington, D.C., pp. 77-8

Goodchild M., 2007, "Citizens as sensors: the world of volunteered geography", http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/vgi/docs/position/Goodchild_VGI2007.pdf

Google Eart, 2013 Autori Google Eart, homepage Google Earth, http://www.google.it/intl/it/earth/ (controllata 7/12/2013)

Gore A., 1998, "The Digital Earth: Understanding our planet in the 21st Century" , Fonte dito web: The Fifth International Symposium of Digital Eart, California Science Center, Los Angeles, California,31-1-1998 ,http://www.isde5.org/al_gore_speech.htm#

Greenwood M., Yule G.U. , 1920, "An inquiry into the nature of frequency distributions representative of multiple happenings, with particular reference to the occurrence of multiple attacks of decease or repeated accidents", Journal of the Royal Statistical Society, 83, 255 279

Hauer E., et al., 1997 Hauer, E., et al. (1997), Observational Before/After Studies in Road Safety, Pergamon Press, the United Kingdom.

Heger R., 1995,"Driving behaviour and driver mental workload as criteria for highway geometric design quality". International symposium on highway geometric design practices, Boston, USA.

Hill A. , 2013, What is Urban Sprawl?, wiseGEEK clear answers for common questions , http://www.wisegeek.com/what-is-urban-sprawl.htm#, consultato il 17/12/2013

International Organization for Standardization, 2006, "ISO 9241/110: Ergonomics of human-system interaction-Part 110: Dialogue principles (ISO 9241-110:2006)".

ISTAT, 2011, "Rilevazione degli incidenti stradali con lesioni a persone-2010, Circolare 23, prot 3818, 11 giugno 2011

Jacobs G.D., 1982, ""The potential for road accident reduction in developing countries"", Transport Reviews 2, pp. 213–224."

Lamm et al., 1988 Lamm R., Choueiri E.M., Hayward J.C., Paluri A. (1988), "Possible Design Procedure to Promote Design Consistency in Highway Geometric Design on Two-Lane Rural Roads", Transportation Research Record 1195/1988, 1988

Lamm R. et al., 1995 Lamm R. , E.M. Choueiri, B. Psarianos, and G. Soilemezoglou, (1995), " A Practical Safety Approach to Highway Geometric Design International Case Studies: Germany, Greece, Lebanon, and the United States ", International Symposium on Highway Geometric Design Practices August 30 - September 1, 1995 Boston, Massachusetts C

Lamm R., 2004, "New Development in Highway Geometric Design and International Comparisions". Proc. II SIIV International Congress. Firenze)…

Lombardi beni culturali http://www.lombardiabeniculturali.it/fotografie/schede/IMM-3a010-0008283/

M. Weiser, Goldot R., Brows J.S, 1999, "The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s". BM SYSTEMS JOURNAL, VOL 38, NO 4, 1999

McLean J. , 1981, " Driver Speed Behaviour and Rural Road Alignment Design". Traffic Engineering and Control, 22(4), 208-211

Messer C. J. ,1980, Methodology for Evaluating Geometric Design Consistency.Transportation Research Record, no. 757, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., pp. 7 14]

Ministero dei Lavori Pubblici ed Ispettoratogenerale dei LLPP, 2000, "Piano Nazionale della Sicurezza Stradale-Indirizzi generali e linee guida di attuazione", 2000

Ministero dei Lavori Pubblici, 2000, Indirizzi generali e linee guida di azione" del Piano Nazionale della Sicurezza Stradale

Ministero dei Lavori Pubblici, 2001 , Circolare 8 giugno 2001 n.3699 -- Linee guida per le analisi di sicurezza delle strade.

Ministero del Lavoro e delle politiche sociali, 2008, Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro, D. lgs. 9 aprile 2008, n. 81

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 1992, "Nuovo codice della strada", Decreto Legislativo n. 285 del 30 aprile 1992, Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 114, 18 maggio 1992.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2000, "Piano Nazionale della Sicurezza Stradale – Indirizzi generali e linee guida di attuazione". Ministero dei Lavori Pubblici, Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, 2000

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti , 2001a, "Modalità di istituzione ed aggiornamento del Catasto delle Strade", Decreto Ministeriale del 1.6.2001.

Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, 2001 b,"Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". Decreto Ministeriale del 05-11-2001, n.6792.

Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, 2001 c, "Studio di valutazione dei costi sociali dell'incidentalità stradale, Anno 2001"

Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 2002,Piano Nazionale della sicurezza stradale. Azioni Prioritarie.2002

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2003 , Decreto Legge n.151 del 27 giugno 2003, "Modifiche ed integrazioni al codice della strada". Gazzetta Ufficiale N. 149 del 30 Giugno 2003.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2006," Norme funzionali e geometriche per la costruzione di intersezioni stradali" Decreto Ministeriale del 19/4/2006,

Ministero delle Infrastrutture, 2007, "Linee Guida del Piano della Mobilità", Legge finanziaria 2007

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2011, "Attuazione della direttiva 2008/96/CE sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture" , Decreto Legislativo 15 marzo 2011, n. 35, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 81 del 8.4.2011. "

Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, 2011, Linee Guida per la gestione della sicurezza stradale, D.Lds. n.35/11

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti , 2013, "Diffusione dei sistemi di trasporto intelligenti (ITS) in Italia", GU n.72 del 26-3-2013, Febbraio 2013

Nicosia F. , Leonardi S. , 1997, " Proposta di una metodologia di classificazione delle infrastrutture stradali in base all'efficienza", Atti del 9° Congresso Nazionale AIIT sul tema (IIa sessione): Esperienze e proposte per il miglioramento della mobilità urbana ed extraurbana - Roma - 6/7 Novembre 1997

OECD-ITF, 2008, Toward Zero: Ambitious Road Safety Target and the Safe System Approach, ISBN 978-92-821-0195-7, 2008

OPCM, 2003, Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"

OPCM, 2006, Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"

Parlamento Europeo, 2008, Direttiva 2008/96/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 sulla gestione della sicurezza delle infrastrutture stradali;

Parlamento Europeo, 2010, " Direttiva 2010/40/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 7 luglio 2010, sul quadro generale per la diffusione dei sistemi di trasporto intelligenti nel settore del trasporto stradale e nelle interfacce con altri modi di trasporto", http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:207:0001:0013:IT:PDF

Peden M. et al., 2004 "Peden M., Scurfield R., Sleet D., Mohan D., Hyder A.A., Jarawan E., Mathers C. (2004), "" The world report on road traffic injury prevention"". WHO, Geneva 2004."

PIARC-AIPCR TECHNICAL COMITEE, 2003, Road Safety Manual, Recommendation from the World Road Association(PIARC), World Road Association PIARC-AIPCR, 2003

Praticò F.G., Giunta M., 2010, "Infrastrutture extraurbane e carreggiata unica:modellazione e validazione sperimentale diu n modello predittivo delle velocità operative", Memorie Congressuali AIPCR- XXVI Convegno Nazionale della Strada, pp 225-235, Roma , 2010.

Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2007,"Proposte di Linee Guida per lo sviluppo di servizi di Infomobilità nelle Regioni e negli Enti Locali", Aprile 2007.

Ratti. C, 2013 a, "Meet the Media Guru", http://www.meetthemediaguru.org/carlo -ratti-la-lecture

Ratti C., 2013 b, SMART CITY, SMART CITIZEN, MEET MEDIA GURU, Egea, ISBN/EAN: 9788823834132, 2013

Stamtiadis N. ,Gong H., 2007, "Analysis of inconsistencies related to design speed, operating speed and posted speed limit", IV International SIIV congress - Palermo (Italy), 10/2007;

Stentella M., 2010, Tecnologie "parlanti" e interconnesse: la visione "smarter town" di IBM, FORUM PA, marzo 2010. http://saperi.forumpa.it/story/42449/tecnologie-parlanti-e-interconnesse-la-visione-smarter-town-di-ibm

The European House-Ambrosetti, 2012, The European House-Ambrosetti, (2012), "Smart Mobility. Muoversi meglio per vivere meglio"

Theeuwes J., Godthelp J. ,1992," Self Explaning Roads " (IZF 1992 C 8). Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors research Institute, 1992

Treat Jr. et a.l , 1979, "Tri-Level Study of the Causes of Traffic Accidents". Research Report compiled by the Institute for Research in Public Safety to the US Department of Transport. Washington DC, 1979

Tsimhoni O., Green P.A., 1999, "Visual demand of driving curves as determined by visual occlusion ", Fonte sito web: The University of Michigan Transportation Research Institute, http://www.umich.edu/~driving/publications/UMTRI-99-37.pdf

Vallet G. et al.1999 Vallet G, Laumon B., Martin J.L., Thomas P., Ross R., Kobmann I. (1999). "STAIRS Standardisation of Accident and Injury Registration Systems", Final Report, http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200310/stairs.pdf, Febraury 1999. consultato il 5/1/2014

Vianello M., 2012, "Smart Cities . Gestire la complessità urbana nell'era di Internet. Magglioli editore. Marzo 2013

Walker B., et al. 2004 Walker, B., C. S. Holling, S. R. Carpenter, and A. Kinzig,(2004), Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. Ecology and Society 9(2): 5

WHO, 2013, "Injuries, Traffic", World Health Organization, http://www.who.int/topics/injuries_traffic/en/, controllata il 15/11/2013.

Wilde G.J.S. ,1982, "The Theory of Risk Homeostasis: Implications for Safety and Health", Risk Analysis, 2, is. 4, dec., pp.209-225.

Wilde G. J. S. ,1994, "Target Risk. Dealing with the danger of death, disease and damage in everyday decisions". PDE Publications, Toronto.

11 SITOGRAFIA

3dGIS, http://www.3dgis.it/files/segnaletica-it.pdf

3E, http://www.quattroruote.it/notizie/new-tech

A14 Super Highway, http://www.theguardian.com/technology/2013/oct/02/super-highway-a14-internet-connected-road

a5oc , http://www.a5oc.com

Abley Transportation Consultant, http://www.abley.com

Aitek, http://www.aitek.it/

American Automobile Association , http://www.forbes.com/sites/tanyamohn/2013/12/08/smart-car-features-for-older-drivers

Autorità di Bacino del Fiume Tevere, http://www.abtevere.it/node/88

Blackpoint, http://www .smaniadisicurezza.it

California Path, http://www.path.berkeley.edu/

Community Road Accident Database CARE, http://ec.europa.eu/idabc/en/document/2281/5926.html

ConnectedBits, http://www.connectedbits.com

Context Sensitive Solution, http://contextsensitivesolutions.org

*COOPERS, h*ttp://www.coopers-ip.eu

Crashmap.co.uk, http://www.crashmap.co.uk

DaCoTa, http://www.dacota-project.eu

Data And Safety Analysis Tools, http://safety.fhwa.dot.gov/tools/data_tools/fhwasa09002

Emax http://emax.poigps.com

European Road Safety Charter , http://www.erscharter.eu/it

Federal Highway Adimistration FHWA, http://www.fhwa.dot.gov/

FixMyStreet, http://www.fixmystreet.com/

Fonte Traffic Tecnology Today , http://www.traffictechnologytoday.com

Franciacorta sostenibile, http://www.franciacortasostenibile.eu/media/File/Franciacorta%20sostenbile/schede%20metodologiche/traffico.pdf

Gentemotori, http://www.gentemotori.it

Head-Up Display, https://www.bmw.it/it/new-vehicles/x/x5/2013/assistenza-alla-guida.html

Highway Safety Information System , http://www.hsisinfo.org/index.cfm

Highway Safety Manual tools HSM, http://www.highwaysafetymanual.org/

Hokuyo, http://www.hokuyo-aut.jp

I.stat, http://dati.istat.it/

IEHIAS, http://www.integrated-assessment.eu/resource_centre/care_community_road_accident_database

INGV, http://esse1-gis.mi.ingv.it/

International Road Traffic and Accident Database IRTAD, http://www.irtad.net/

ISPRA, http://www.isprambiente.gov.it

iTETRIS, http://www.ict-itetris.eu/

L.A. Street Map, graphics.latimes.com/la-streets-map

Lexus LS600H, http://www.tuttogreen.it/lexus-e-lauto-senza-guidatore

LTS s.r.l.- Land Techology & Services, http://www.ltsht.com/index.php

Nismo, http://gadget.wired.it/news/accessori/2013/09/10/nismo-smartwatch-nissan-collega-auto-452621.htm

OmniGis s.r.l., http://www.omnigis.it/

Phidgets, http://www.phidgets.com

Provincia di Rovigo, http://provincia.rovigo.it

Quattroruote, http://www.quattroruote.it

Redferret , http://www.redferret.net

Regione Veneto, http://idt.regione.veneto.it

Road traffic, http://www.roadtraffic-technology.com

Safespot, http://www.safespot-eu.org

SafetyNet, http://www.safetynet.org.nz/

SARTRE, http://www.sartre-project.eu/en/Sidor/default.aspx

Street Bump, http://streetbump.org

Studio di Progettazione Dellai, http://www.dellai-aedis.com/

Studio Roosegaard, http://www.studioroosegaarde.net/project/smart-highway

Toyota Prius di Google, http://www.tuttogreen.it/un-sistema-per-le-guida-automatica-per-fare-viaggiare-le-macchine-in-colonna-come-vagoni-di-un-treno/

U-M Transportation and Research Institute, http://www.annarbor.com/news/university-of-michigan-seeking-3000-motorists-to-participate/

Unisky, http://www.unisky.it/i

Viamont, http://www.didatticaericercasit.it/viamont/web/

Virginia Smart Road, http://www.vtti.vt.edu/smart-road/virginia-smart-road.html

Waze, http://www.waze.com

APPENDICE 1 - MODULO DI RILEVAZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI CON LESIONI A PERSONE

RILEVAZIONE IST-00142

Istat
ISTITUTO NAZIONALE DI STATISTICA

ISTAT **CTT/INC - Ediz. 2011**

RILEVAZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI CON LESIONI A PERSONE

DATA E LOCALITÀ DELL'INCIDENTE

ANNO ☐☐☐☐ MESE ☐☐ GIORNO ☐☐

ORA ☐☐, MINUTI ☐☐

PROVINCIA* _____ Cod. Istat Provincia ☐☐☐

COMUNE* _____ Cod. Istat Comune ☐☐☐

*L'elenco codici è disponibile sul sito www.istat.it (Strumenti/Definizioni e Classificazioni/Classificazioni adottate dall'Istat).

ORGANO DI RILEVAZIONE

- Agente di Polizia Stradale 1 ☐
- Carabiniere 2 ☐
- Identificativo del Comando Staz. dei Carabinieri ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐
- Agente di Pubblica Sicurezza 3 ☐
- Agente di Polizia Municipale o Locale 4 ☐
- Altri 5 ☐
- Agente di Polizia Provinciale 6 ☐

ORGANO COORDINATORE

- Sezione Polizia Stradale 1 ☐
- Gruppo Carabiniere 2 ☐
- Uff. Comunale di Statistica dei Capoluoghi di Provincia:
  - Comune con oltre 250.000 abitanti 3 ☐
  - Altro capoluogo di Provincia 4 ☐

1. Localizzazione dell'incidente

(Specificare la denominazione della strada, numero, eventuale n° civico in forma chiara e leggibile)

NELL'ABITATO

- Strada urbana 1 ☐ _____
- Provinciale entro l'abitato 2 ☐ SP N° ☐☐☐ _____
- Statale entro l'abitato 3 ☐ SS N° ☐☐☐ _____
- Regionale entro l'abitato 0 ☐ SR N° ☐☐☐ _____

FUORI ABITATO

- Comunale extraurbana 4 ☐ _____
- Provinciale 5 ☐ SP N° ☐☐☐ _____
- Statale 6 ☐ SS N° ☐☐☐ _____
- Autostrada 7 ☐ N° ☐☐☐ _____
- Altra strada 8 ☐ _____
- Regionale 9 ☐ SR N° ☐☐☐ _____

Indicare il codice Istat corrispondente ai raccordi autostradali e alle tangenziali, disponibile nella seconda pagina di copertina del presente blocco.

Progressiva chilometrica (indicare chilometri ed ettometri) ☐☐☐☐, ☐☐☐

TRONCO DI STRADA O AUTOSTRADA

- diramazione; dir. A 1 ☐
- dir. B; radd. 2 ☐
- bis; dir. C 3 ☐
- ter; bis dir. 4 ☐
- quater; racc.; bis racc. 5 ☐
- Autostrada carreggiata sinistra 6 ☐
- Autostrada carreggiata destra 7 ☐
- Autostrada svincolo entrata 8 ☐
- Autostrada svincolo uscita 9 ☐
- Autostrada svincolo tronco d.c. 10 ☐
- Autostrada stazione 11 ☐
- Altri casi 12 ☐

2. Luogo dell'incidente

TIPO DI STRADA

- Una carr. senso unico 1 ☐
- Una carr. doppio senso 2 ☐
- Due carreggiate 3 ☐
- Più di 2 carreggiate 4 ☐

PAVIMENTAZIONE

- Strada pavimentata 1 ☐
- Strada pavimentata dissestata 2 ☐
- Strada non pavimentata 3 ☐

INTERSEZIONE

- Incrocio 1 ☐
- Rotatoria 2 ☐
- Intersezione segnalata 3 ☐
- Intersezione con semaforo o vigile 4 ☐
- Intersezione non segnalata 5 ☐
- Passaggio a livello 6 ☐

NON INTERSEZIONE

- Rettilineo 7 ☐
- Curva 8 ☐
- Dosso, strettoia 9 ☐
- Pendenza 10 ☐
- Gall. illuminata 11 ☐
- Gall. non illuminata 12 ☐

FONDO STRADALE

- Asciutto 1 ☐
- Bagnato 2 ☐
- Sdrucciolevole 3 ☐
- Ghiacciato 4 ☐
- Innevato 5 ☐

SEGNALETICA

- Assente 1 ☐
- Verticale 2 ☐
- Orizzontale 3 ☐
- Verticale e orizzontale 4 ☐
- Temporanea di cantiere 5 ☐

CONDIZIONI METEOROLOGICHE

- Sereno 1 ☐
- Nebbia 2 ☐
- Pioggia 3 ☐
- Grandine 4 ☐
- Neve 5 ☐
- Vento forte 6 ☐
- Altro 7 ☐

3. Natura dell'incidente

A) TRA VEICOLI IN MARCIA

- Scontro frontale 1 ☐
- Scontro frontale-laterale 2 ☐
- Scontro laterale 3 ☐
- Tamponamento 4 ☐

B) TRA VEICOLO E PEDONI

- Investimento di pedoni 5 ☐

C) VEICOLO IN MARCIA CHE URTA VEICOLO FERMO O ALTRO

- Urto con veicolo in fermata o in arresto 6 ☐
- Urto con veicolo in sosta 7 ☐
- Urto con ostacolo 8 ☐
- Urto con treno 9 ☐

D) VEICOLO IN MARCIA SENZA URTO

- Fuoriuscita (sbandamento,...) 10 ☐
- Infortunio per frenata improvvisa 11 ☐
- Infortunio per caduta da veicolo 12 ☐

4. Tipo di veicoli coinvolti

VEICOLO:	A	B	C
Autovettura privata	1 ☐	1 ☐	1 ☐
Autovettura privata con rimorchio	2 ☐	2 ☐	2 ☐
Autovettura pubblica	3 ☐	3 ☐	3 ☐
Autovettura di soccorso o di polizia	4 ☐	4 ☐	4 ☐
Autobus o filibus in servizio urbano	5 ☐	5 ☐	5 ☐
Autobus di linea o non di linea in extraurbana	6 ☐	6 ☐	6 ☐
Tram	7 ☐	7 ☐	7 ☐
Autocarro	8 ☐	8 ☐	8 ☐
Autotreno con rimorchio	9 ☐	9 ☐	9 ☐
Autoarticolato	10 ☐	10 ☐	10 ☐
Veicoli speciali	11 ☐	11 ☐	11 ☐
Trattore stradale o motrice	12 ☐	12 ☐	12 ☐
Macchina agricola	13 ☐	13 ☐	13 ☐
Velocipede	14 ☐	14 ☐	14 ☐
Ciclomotore	15 ☐	15 ☐	15 ☐
Motociclo a solo	16 ☐	16 ☐	16 ☐
Motociclo con passeggero	17 ☐	17 ☐	17 ☐
Motocarro o motofurgone	18 ☐	18 ☐	18 ☐
Veicolo a trazione animale o a braccia	19 ☐	19 ☐	19 ☐
Veicolo ignoto perchè datosi alla fuga	20 ☐	20 ☐	20 ☐
Quadriciclo	21 ☐	21 ☐	21 ☐

CILINDRATA cc

Veic.A ☐☐☐☐☐ Veic.B ☐☐☐☐☐ Veic.C ☐☐☐☐☐

PESO TOTALE A PIENO CARICO Q. li (SOLO VEICOLI TRASPORTO MERCI)

Veic.A ☐☐☐☐ Veic.B ☐☐☐☐ Veic.C ☐☐☐☐

5. Circostanze presunte dell'incidente

	Per inconvenienti di circolazione	Per difetti o avarie del veicolo	Per stato psico-fisico del conducente
Veicolo A	☐☐	☐☐	☐☐
Veicolo B, Pedone od ostacolo	☐☐	☐☐	☐☐

Indicare il codice Istat corrispondente alla circostanza presunta di incidente, disponibile nella seconda pagina di copertina del presente blocco

6. Veicoli coinvolti

	Targa se veicolo nazionale	Sigla se veicolo estero	ANNO DI PRIMA IMMATRICOLAZIONE (ultime due cifre)
Veicolo A	☐☐☐☐☐☐☐	☐☐☐	☐☐
Veicolo B	☐☐☐☐☐☐☐	☐☐☐	☐☐
Veicolo C	☐☐☐☐☐☐☐	☐☐☐	☐☐

7. Conseguenze dell'incidente alle persone

CONDUCENTI COINVOLTI

VEICOLO A

Età conducente ☐☐

Maschio Femmina

Sesso 1 ☐ 2 ☐

Incolume 1 ☐

Ferito 2 ☐

Morto entro 24 ore 3 ☐

Morto entro 30 giorni 4 ☐

Patente ciclomotori 0 ☐

Patente Tipo A 1 ☐

Patente Tipo B 2 ☐

Patente Tipo C 3 ☐

Patente Tipo D 4 ☐

Patente Tipo E 5 ☐

ABC speciale 6 ☐

Non richiesta 7 ☐

Foglio rosa 8 ☐

Sprovvisto 9 ☐

Anno di rilascio della patente (ultime due cifre) ☐☐

Conducente coinvolto in incidente su strada durante lo svolgimento della propria attività lavorativa 1 ☐

Conducente coinvolto in incidente su strada durante il tragitto casa-lavoro o lavoro-casa 2 ☐

Non indicare le due modalità sopra riportate nel caso si tratti di altro tipo di tragitto e/o di incidente avvenuto al di fuori dell'attività lavorativa.

Indicare la modalità 1 nel caso in cui si tratti di conducente professionale o altro conducente di veicolo esclusivamente se al momento dell'incidente stavano svolgendo la propria attività lavorativa.

Indicare la modalità 2 solo nel caso in cui si tratti di conducente di veicolo esclusivamente se al momento dell'incidente stavano compiendo il tragitto casa-lavoro o lavoro-casa

PASSEGGERI INFORTUNATI ESCLUSO IL CONDUCENTE

Morti	Feriti	Età	Sesso M	Sesso F
Sedile anteriore 1 ☐	Sedile anteriore 2 ☐	Sedile anteriore ☐☐	Sedile anteriore 3 ☐	Sedile anteriore 4 ☐
Sedile posteriore 1 ☐	Sedile posteriore 2 ☐	Sedile posteriore ☐☐	Sedile posteriore 3 ☐	Sedile posteriore 4 ☐
1 ☐	2 ☐	☐☐	3 ☐	4 ☐
1 ☐	2 ☐	☐☐	3 ☐	4 ☐

ALTRI PASSEGGERI INFORTUNATI NEL VEICOLO A — Maschi ☐☐ Femmine ☐☐

Morti ☐☐

Feriti ☐☐

VEICOLO B

Età conducente ☐☐

Maschio Femmina

Sesso 1 ☐ 2 ☐

Incolume 1 ☐

Ferito 2 ☐

Morto entro 24 ore 3 ☐

Morto entro 30 giorni 4 ☐

Patente ciclomotori 0 ☐

Patente Tipo A 1 ☐

Patente Tipo B 2 ☐

Patente Tipo C 3 ☐

Patente Tipo D 4 ☐

Patente Tipo E 5 ☐

ABC speciale 6 ☐

Non richiesta 7 ☐

Foglio rosa 8 ☐

Sprovvisto 9 ☐

Anno di rilascio della patente (ultime due cifre) ☐☐

Conducente coinvolto in incidente su strada durante lo svolgimento della propria attività lavorativa 1 ☐

Conducente coinvolto in incidente su strada durante il tragitto casa-lavoro o lavoro-casa 2 ☐

Non indicare le due modalità sopra riportate nel caso si tratti di altro tipo di tragitto e/o di incidente avvenuto al di fuori dell'attività lavorativa.

Indicare la modalità 1 nel caso in cui si tratti di conducente professionale o altro conducente di veicolo esclusivamente se al momento dell'incidente stavano svolgendo la propria attività lavorativa.

Indicare la modalità 2 solo nel caso in cui si tratti di conducente di veicolo esclusivamente se al momento dell'incidente stavano compiendo il tragitto casa-lavoro o lavoro-casa

Morti	Feriti	Età	Sesso M	Sesso F
Sedile anteriore 1 ☐	Sedile anteriore 2 ☐	Sedile anteriore ☐☐	Sedile anteriore 3 ☐	Sedile anteriore 4 ☐
Sedile posteriore 1 ☐	Sedile posteriore 2 ☐	Sedile posteriore ☐☐	Sedile posteriore 3 ☐	Sedile posteriore 4 ☐
1 ☐	2 ☐	☐☐	3 ☐	4 ☐
1 ☐	2 ☐	☐☐	3 ☐	4 ☐

ALTRI PASSEGGERI INFORTUNATI NEL VEICOLO B — Maschi ☐☐ Femmine ☐☐

Morti ☐☐

Feriti ☐☐

VEICOLO C

Età conducente ☐☐

Maschio Femmina

Sesso 1 ☐ 2 ☐

Incolume 1 ☐

Ferito 2 ☐

Morto entro 24 ore 3 ☐

Morto entro 30 giorni 4 ☐

Patente ciclomotori 0 ☐

Patente Tipo A 1 ☐

Patente Tipo B 2 ☐

Patente Tipo C 3 ☐

Patente Tipo D 4 ☐

Patente Tipo E 5 ☐

ABC speciale 6 ☐

Non richiesta 7 ☐

Foglio rosa 8 ☐

Sprovvisto 9 ☐

Anno di rilascio della patente (ultime due cifre) ☐☐

Conducente coinvolto in incidente su strada durante lo svolgimento della propria attività lavorativa 1 ☐

Conducente coinvolto in incidente su strada durante il tragitto casa-lavoro o lavoro-casa 2 ☐

Non indicare le due modalità sopra riportate nel caso si tratti di altro tipo di tragitto e/o di incidente avvenuto al di fuori dell'attività lavorativa.

Indicare la modalità 1 nel caso in cui si tratti di conducente professionale o altro conducente di veicolo esclusivamente se al momento dell'incidente stavano svolgendo la propria attività lavorativa.

Indicare la modalità 2 solo nel caso in cui si tratti di conducente di veicolo esclusivamente se al momento dell'incidente stavano compiendo il tragitto casa-lavoro o lavoro-casa

Morti	Feriti	Età	Sesso M	Sesso F
Sedile anteriore 1 ☐	Sedile anteriore 2 ☐	Sedile anteriore ☐☐	Sedile anteriore 3 ☐	Sedile anteriore 4 ☐
Sedile posteriore 1 ☐	Sedile posteriore 2 ☐	Sedile posteriore ☐☐	Sedile posteriore 3 ☐	Sedile posteriore 4 ☐
1 ☐	2 ☐	☐☐	3 ☐	4 ☐
1 ☐	2 ☐	☐☐	3 ☐	4 ☐

ALTRI PASSEGGERI INFORTUNATI NEL VEICOLO C — Maschi ☐☐ Femmine ☐☐

Morti ☐☐

Feriti ☐☐

PEDONI COINVOLTI

Morti Maschio	Morti Femmina	Età	Feriti Maschio	Feriti Femmina	Età
1 ☐	2 ☐	☐☐	3 ☐	4 ☐	☐☐
1 ☐	2 ☐	☐☐	3 ☐	4 ☐	☐☐
1 ☐	2 ☐	☐☐	3 ☐	4 ☐	☐☐
1 ☐	2 ☐	☐☐	3 ☐	4 ☐	☐☐

NUMERO DI VEICOLI COINVOLTI OLTRE AI VEICOLI A,B,C ☐☐

PERSONE COINVOLTE SU ALTRI VEICOLI OLTRE AI VEICOLI A-B-C

	Maschio	Femmina
Morti	☐☐	☐☐
Feriti	☐☐	☐☐

RIEPILOGO INFORTUNATI

Morti entro le 24 ore ☐☐

Morti dal 2° al 30° giorno ☐☐

Feriti ☐☐

Il totale riportato nel riepilogo deve corrispondere alla somma dei morti e dei feriti indicati distintamente nella sezione 7 del modello

8. Nominativo dei morti

NOME	COGNOME

9. Nominativo dei feriti e Istituto di ricovero

NOME	COGNOME	ISTITUTO DI RICOVERO

SEGRETO STATISTICO, OBBLIGO DI RISPOSTA, TUTELA DELLA RISERVATEZZA E DIRITTI DEGLI INTERESSATI

- Decreto legislativo 6 settembre 1989, n. 322, e successive modificazioni ed integrazioni, -"Norme sul Sistema statistico nazionale e sulla riorganizzazione dell'Istituto nazionale di statistica" – art. 6-bis (trattamenti di dati personali), art. 7 (obbligo di fornire dati statistici), art. 8 (segreto d'ufficio degli addetti agli uffici di statistica), art. 9 (disposizioni per la tutela del segreto statistico), art. 13 (Programma statistico nazionale);
- Decreto legislativo 30 giugno 2003, n. 196 "Codice in materia di protezione dei dati personali" – art. 2 (finalità), art. 4 (definizioni), artt. 7-10 (diritti dell'interessato), art. 13 (informativa), artt. 28-30 (soggetti che effettuano il trattamento), 104-110 (trattamento per scopi statistici o scientifici);
- "Codice di deontologia e di buona condotta per i trattamenti di dati personali a scopi statistici e di ricerca scientifica effettuati nell'ambito del Sistema statistico nazionale" (all. A.3 del Codice in materia di protezione dei dati personali – d.lgs. 30 giugno 2003, n. 196);

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri di approvazione del Programma Statistico Nazionale 2011-2013.

I dati raccolti sono tutelati dal segreto statistico e sottoposti alla normativa in materia di protezione dei dati personali e potranno essere utilizzati, anche per successivi trattamenti, esclusivamente per fini statistici dai soggetti del Sistema statistico nazionale ed essere comunicati per finalità di ricerca scientifica alle condizioni e secondo le modalità previste dall'art 7 del *Codice di deontologia e di buona condotta per i trattamenti di dati personali a scopi statistici e di ricerca scientifica effettuati nell'ambito del Sistema statistico nazionale*. I medesimi dati saranno diffusi soltanto in forma aggregata, in modo tale che non sia possibile risalire ai soggetti ai quali si riferiscono.

Titolare della rilevazione e del relativo trattamento di dati personali è l'ISTAT – Istituto nazionale di statistica - Via Cesare Balbo, 16 – 00184 Roma. Responsabili del trattamento dei dati sono, per le fasi di rispettiva competenza, il Direttore centrale per le statistiche e le indagini sulle istituzioni sociali dell'Istat e il preposto all'Ufficio di statistica della Regione o Provincia autonoma; ad essi è possibile rivolgersi anche per quanto riguarda l'esercizio dei diritti degli interessati (art. 7 del d.lgs. n. 196/2003) e per conoscere il nominativo degli eventuali altri responsabili.

Ai sensi dell'art. 7 del d.lgs. n. 322/1989 è fatto obbligo alle amministrazioni, enti ed organismi pubblici, di fornire tutti i dati e le notizie richieste nel modello di rilevazione. Tuttavia, poiché la normativa in materia statistica (art. 7, comma 2, del d.lgs. n. 322/1989) stabilisce che non può essere imposto l'obbligo di risposta sui dati sensibili, qualora il conducente del veicolo abbia manifestato la volontà contraria all'uso statistico dei dati relativi al proprio **stato psico-fisico** al momento dell'incidente, i dati che lo riguardano possono essere trasmessi all'Istat solo in forma anonima, senza che sia possibile risalire all'identità dell'interessato nemmeno in modo indiretto. Pertanto, il modello Istat CTT/INC dovrà comunque essere compilato ai fini della rilevazione dell'evento, garantendo l'anonimato dell'interessato con l'esclusione dei seguenti campi:

Sezione 8: Nominativo dei morti - Nome e Cognome dei morti coinvolti nell'incidente

Sezione 9: Nominativo dei feriti - Nome e Cognome dei feriti coinvolti nell'incidente

Per richieste di informazioni e chiarimenti rivolgersi a ISTAT, tel. 06.4673.7384 - incstrad@istat.it

APPENDICE 2 - MODULO DI RILEVAZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI CON LESIONI A PERSONE

RIFERIMENTI TRATTO STRADALE DA ISPEZIONARE		
NOME E NUMERO STRADA		
TIPO STRADA (art. 2 Codice della Strada)		
LUNGHEZZA (km) TRATTO STRADALE	INIZIO	FINE
PROGRESSIVA KM		
NOME LOCALITA'		
COORDINATE GPS		

RIFERIMENTI MODALITA' DI ISPEZIONE					
	DIURNA	NOTTURNA	DATA	ORA INIZIO	ORA FINE
1° ispezione					
2° ispezione					
3° ispezione					
4° ispezione					

n° scheda: 2_ISP_PD_EXSC _ PRELIMINARE

ISPEZIONE PRELIMINARE

MACROVOCE	VOCE	PARAMETRO	INDICATORE	GIUDIZIO
ASPETTI GENERALI	CONDIZIONI AMBIENTALI CRITICHE	CONDIZIONI ATMOSFERICHE (nebbia, vento, neve, pioggia)	mancanza o insufficiente avviso utenza	
			inadeguatezza contromisure	
		CONDIZIONE PAVIMENTAZIONE STRADALE (ghiaccio, allagamenti, detriti)	mancanza o insufficiente avviso utenza	
			inadeguatezza contromisure	
	TRAFFICO	VOLUME	inadeguatezza sezione	
		TIPOLOGIA	presenza di componenti particolari	
	PAESAGGIO CIRCOSTANTE	FASCE PERTINENZA	presenza di ostacoli o pericoli, presenza strade di servizio	
		FASCE RISPETTO	presenza di costruzioni, alberi, ecc.	
		FASCE RISPETTO E OLTRE	distrazione guida per contesti particolari, presenza viabilità adiacente, altre infrastrutture, pubblicità	
	VELOCITA'	VELOCITA' DI PROGETTO - VELOCITA' MASSIMA CONSENTITA	differenza eccessiva (+/-)	
		VELOCITA' MASSIMA CONSENTITA - VELOCITA' OPERATIVA	differenza eccessiva (+/-)	
	SISTEMA SEGNALETICO	SEGNALETICA ORIZZONTALE	disomogeneità	
		SEGNALETICA VERTICALE	disomogeneità	
		PMV	inefficacia informazione	
GEOMETRIA	TRACCIATO PLANIMETRICO	RETTIFILI	lunghezze eccessive	
		CURVE TRANSIZIONE	assenza o inadeguatezza	
		CURVE CIRCOLARI	raggi di curvatura inadeguati	
	TRACCIATO ALTIMETRICO	LIVELLETTE	pendenze eccessive	
			lunghezze eccessive	
		RACCORDI CONVESSI	presenza dossi	
		RACCORDI CONCAVI	presenza sacche	
	COORDINAMENTO PLANO-ALTIMETRICO	PERCEZIONE TRACCIATO	visibilità non corretta	
			perdita di tracciato	

Cognome e Nome Ispettore:
firma

n° scheda: 2_ISP_PD_EXSC _ PRELIMINARE

RIFERIMENTI TRATTO STRADALE DA ISPEZIONARE		
NOME E NUMERO STRADA		
TIPO STRADA (art. 2 Codice della Strada)		
LUNGHEZZA (km) TRATTO STRADALE		
	INIZIO	FINE
PROGRESSIVA KM		
NOME LOCALITA'		
COORDINATE GPS		

RIFERIMENTI MODALITA' DI ISPEZIONE					
	DIURNA	NOTTURNA	DATA	ORA INIZIO	ORA FINE
1° ispezione					
2° ispezione					
3° ispezione					
4° ispezione					

ISPEZIONE GENERALE — foglio 1 di 2

MACROVOCE	VOCE	PARAMETRO	INDICATORE		PROGRESSIVA CHILOMETRICA 0,200	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000
SEDE STRADALE	PIATTAFORMA, MARGINI E FASCE DI PERTINENZA	BANCHINA	assenza o insufficiente larghezza	M										
				G										
			restringimento in corrispondenza opera d'arte	M										
				G										
		CORSIE MARCIA E SORPASSO	insufficienza larghezza	M										
				G										
			eccesso larghezza	M										
				G										
		DISPOSITIVI DI RITENUTA	assenza	M										
				G										
			inadeguatezza tipologia	M										
				G										
			inadeguatezza transizioni e terminali	M										
				G										
			scorrettezza condizioni di installazione	M										
				G										
			presenza ostacoli non protetti	M										
				G										
		SCARPATE	inefficienza manutenzione verde	M										
				G										
			mancanza protezione pericoli	M										
				G										
		DRENAGGI	inefficienza manutenzione	M										
				G										
		RECINZIONE	inefficienza manutenzione	M										
				G										
SEGNALETICA	SEGNALETICA ORIZZONTALE	VISIBILITA' STRISCE DI MARGINE	insufficienza retroriflettenza	M										
				G										
		VISIBILITA' STRISCE DI DEMARCAZIONE CORSIE	insufficienza retroriflettenza	M										
				G										
		GUIDA NEI PUNTI SINGOLARI DEL TRACCIATO	assenza o inadeguatezza	M										
				G										
		STRISCE DI MEZZERIA	inadeguatezza in riferimento alla possibilità di sorpasso	M										
				G										
	SEGNALETICA VERTICALE	SEGNALI DI PERICOLO, PRESCRIZIONE E INDICAZIONE	insufficiente visibilità	M										
				G										
			inadeguatezza leggibilità	M										
				G										
			insufficenza intellegibilità	M										
				G										
		LIMITI VELOCITA' *(analisi particolare)*	assenza o scorrettezza posizionamento	M										
				G										
			inadeguatezza rispetto alla velocità di progetto	M										
				G										
			inadeguatezza rispetto alla velocità operativa	M										
				G										
	SEGNALI LUMINOSI	SEGNALI DI PERICOLO SEGNALI DI PRESCRIZIONE	inefficienza manutenzione	M										
				G										
		LANTERNE CORSIE REVERSIBILI LANTERNE IMBOCCHI GALLERIE LANTERNE LAMPEGGIANTI	inefficienza manutenzione	M										
				G										
		DELINEATORI DI MARGINE	inefficienza manutenzione	M										
				G										
	SEGNALETICA COMPLEMENTARE	DELINEATORI CURVE	assenza o inadeguatezza	M										
				G										
		DELINEATORI MARGINI	assenza o inadeguatezza	M										
				G										

RIFERIMENTI TRATTO STRADALE DA ISPEZIONARE		
NOME E NUMERO STRADA		
TIPO STRADA (art. 2 Codice della Strada)		
LUNGHEZZA (km) TRATTO STRADALE		
	INIZIO	**FINE**
PROGRESSIVA KM		
NOME LOCALITA'		
COORDINATE GPS		

RIFERIMENTI MODALITA' DI ISPEZIONE					
	DIURNA	**NOTTURNA**	**DATA**	**ORA INIZIO**	**ORA FINE**
1° ispezione					
2° ispezione					
3° ispezione					
4° ispezione					

ISPEZIONE GENERALE

MACROVOCE	VOCE	PARAMETRO	INDICATORE		PROGRESSIVA CHILOMETRICA 0,200	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000
ACCESSI	ACCESSI E DIRAMAZIONI	COORDINAMENTO	inadeguatezza	M										
				G										
		VISIBILITA'	inadeguatezza	M										
				G										
		LOCALIZZAZIONE AREE DI SERVIZIO E DI SOSTA	inadeguatezza	M										
				G										
PAVIMENTAZIONE	STRATO DI USURA	DEFORMAZIONI (fessurazioni, ormaie, ecc..)	presenza	M										
				G										
		DRENAGGIO	inefficienza manutenzione	M										
				G										
		ADERENZA	inadeguatezza	M										
				G										
	GIUNTI	DISCONTINUITA' (longitudinale e trasversale)	inadeguatezza	M										
				G										
ILLUMINAZIONE	PUNTI SINGOLARI TRACCIATO	INTERSEZIONI	assenza o inadeguatezza	M										
				G										
			inefficienza manutenzione	M										
				G										
		DIRAMAZIONI E INTERCONNESSIONI	assenza o inadeguatezza	M										
				G										
			inefficienza manutenzione	M										
				G										
	GALLERIE	IMBOCCO	assenza o inadeguatezza	M										
				G										
			inefficienza manutenzione	M										
				G										
		INTERO SVILUPPO	assenza o inadeguatezza	M										
				G										
			inefficienza manutenzione	M										
				G										
ALTRI ASPETTI	SICUREZZA ED EMERGENZA	DISPOSITIVI DI SICUREZZA (ventilazione, antincendio, etc.)	assenza o inadeguatezza	M										
				G										
		PIAZZOLE DI SOSTA EMERGENZA	assenza o inadeguatezza	M										
				G										
		ACCESSI PER I VEICOLI DI EMERGENZA	assenza o inadeguatezza	M										
				G										
		SISTEMI DI RILEVAZIONE DELLA VELOCITA'	localizzazione	M										
				G										
	INTERFERENZE *(attraversamenti e parallelismi)*	SOTTOSERVIZI	presenza	M										
				G										
		LINEE AEREE	presenza	M										
				G										
	altri aspetti specifici individuati dall'ispettore in fase preliminare			M										
				G										
				M										
				G										
				M										
				G										

RIFERIMENTI ISPEZIONE PUNTUALE

		PROGRESSIVA CHILOMETRICA 0,500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000
PUNTI CRITICI	**PUNTO CRITICO NOTO PRIMA DELL'ISPEZIONE** *(da individuare con P1, P2, ...Pn in corrispondenza della progressiva)*										
	PUNTO CRITICO RISCONTRATO DURANTE L'ISPEZIONE *(da individuare con Pn+1, Pn+2, ... proseguendo la numerazione del rigo precedente, in corrispondenza della progressiva)*										
PUNTI SINGOLARI	**INTERSEZIONE A LIVELLI SFALSATI** *(da individuare con LS1, LS2, ...LSn in corrispondenza della progressiva)*										
	INTERSEZIONE A RASO *(da individuare con R1, R2, ...Rn in corrispondenza della progressiva)*										
	OPERE DI SCAVALCAMENTO (VIADOTTI, PONTI E SOVRAPPASSI) E SOTTOPASSI *(da individuare con V1, V2, ...Vn in corrispondenza della progressiva)*										
	GALLERIA *(da individuare con G1, G2, ...Gn in corrispondenza della progressiva)*										
CANTIERE *(da individuare con C1, C2, ...Cn in corrispondenza della progressiva)*											

RIFERIMENTI TRATTO STRADALE COMPRENDENTE I PUNTI SINGOLARI		
NOME E NUMERO STRADA		
TIPO STRADA (art. 2 Codice della Strada)		
LUNGHEZZA (km) TRATTO STRADALE		
RIFERIMENTI PUNTO SINGOLARE		
	INIZIO	FINE
PROGRESSIVA KM		
COORDINATE GPS		

RIFERIMENTI PUNTO SINGOLARE E MODALITA' DI ISPEZIONE						
RIFERIMENTO	n. progressivo	DIURNA	NOTTURNA	DATA	ORA INIZIO	ORA FINE

ISPEZIONE PUNTUALE					foglio 1 di 2
	TIPOLOGIA PUNTI SINGOLARI	VOCE	PARAMETRO	INDICATORE	GIUDIZIO
PUNTO SINGOLARE (LS1, LS2, ...): ____	INTERSEZIONE A LIVELLI SFALSATI	POSIZIONAMENTO E CONFORMAZIONE	UBICAZIONE	criticità del contesto in cui è inserita	
				distanziamento inadeguato rispetto a punti singolari del tracciato	
			OMOGENEITA' DELLE STRADE INTERFERENTI	inadeguatezza del tipo di strada interferente	
			DISTANZIAMENTO INTERSEZIONI	inadeguatezza rispetto al contesto	
				inadeguatezza rispetto al tipo di strada	
			VISIBILITA'	insufficiente visibilità da una o più direzioni di approccio	
				insufficiente visibilità in particolari condizioni di illuminazione	
				presenza di elementi che ostacolano la visibilità in fascia di pertinenza e/o rispetto	
			LEGGIBILITA' E COMPRENSIONE	difficoltà di comprensione da parte di una o più categoria di utenti	
				insufficienza dell'avviso	
				difficoltà di leggibilità da una o più direzione di approccio	
		GEOMETRIA	CORSIE DI ACCELERAZIONE E DECELERAZIONE	lunghezze insufficienti	
				inadeguatezza forma cunei delle corsie di ingresso e uscita	
				larghezza insufficiente	
				interferenze con corsia d'emergenza	
			RAMPE	larghezza insufficiente corsie	
				larghezza insufficiente banchine	
				inadeguatezza raggi planimetrici	
				inadeguatezza pendenze trasversali	
				pendenze eccessive livellette	
				inadeguatezza raccordi verticali	
		SISTEMA SEGNALETICO	SEGNALETICA ORIZZONTALE	inadeguatezza delineazione corsie	
				posizionamento non corretto delle frecce di indicazione	
				insufficienza della guida dell'utente	
				inadeguatezza delimitazione zone non transitabili	
				inadeguatezza manutenzione	
			SEGNALETICA VERTICALE	localizzazione non corretta	
				insufficienza o ridondanza	
				inadeguatezza manutenzione	
		ALTRI ASPETTI	ILLUMINAZIONE	inadeguatezza illuminazione in zone di transizione	
				insufficienza livello illuminazione	
			INTERFERENZE (attraversamenti e parallelismi)	presenza sottoservizi	
				presenza linee aeree	
PUNTO SINGOLARE (V1, V2, ...): ____	OPERE DI SCAVALCAMENTO (VIADOTTI, PONTI E SOVRAPPASSI) E SOTTOPASSI	GEOMETRIA	BANCHINA LATERALE	assenza o insufficiente larghezza (restringimento puntuale)	
			RAMPE DI APPROCCIO (SOVRAPPASSI E SOTTOPASSI)	eccessiva pendenza	
			SAGOMA LIMITE	insufficienza altezza	
		ALTRI ASPETTI	DISPOSITIVI DI RITENUTA	inadeguatezza tipologia	
				inadeguatezza transizioni e terminali	
				interferenza con altri elementi	
			RETI DI PROTEZIONE	assenza o inadeguatezza	
			BARRIERE ANTIRUMORE	riduzione visibilità	
			BARRIERE FRANGIVENTO	assenza o inadeguatezza	
				riduzione visibilità	
			GIUNTI	discontinuità longitudinale e trasversale con perdita di aderenza	
				scalinamento	
			DRENAGGIO (SOTTOPASSI)	assenza o inadeguatezza	
PUNTO SINGOLARE (G1, G2, ...): ____	GALLERIE	GEOMETRIA	BANCHINA	assenza o insufficiente larghezza	
				restringimento rispetto all'esterno	
			SAGOMA LIIMITE	insufficienza altezza	
		ALTRI ASPETTI	per gli aspetti impiantistici e strutturali si rimanda ai contenuti delle verifiche ai sensi del D.Lgs. 264/06		

RIFERIMENTI TRATTO STRADALE COMPRENDENTE I PUNTI SINGOLARI		
NOME E NUMERO STRADA		
TIPO STRADA (art. 2 Codice della Strada)		
LUNGHEZZA (km) TRATTO STRADALE		
RIFERIMENTI PUNTO SINGOLARE		
	INIZIO	FINE
PROGRESSIVA KM		
COORDINATE GPS		

RIFERIMENTI PUNTO SINGOLARE E MODALITA' DI ISPEZIONE						
RIFERIMENTO	n. progressivo	DIURNA	NOTTURNA	DATA	ORA INIZIO	ORA FINE

ISPEZIONE PUNTUALE					foglio 2 di 2
	TIPOLOGIA PUNTI SINGOLARI	VOCE	PARAMETRO	INDICATORE	GIUDIZIO
PUNTO SINGOLARE (R1, R2, ...): ____	INTERSEZIONE A RASO	POSIZIONAMENTO E CONFORMAZIONE	UBICAZIONE	criticità del contesto in cui è inserita	
				distanziamento inadeguato rispetto a punti singolari del tracciato	
			OMOGENEITA' DELLE STRADE INTERFERENTI	inadeguatezza del tipo di strada interferente	
			DISTANZIAMENTO INTERSEZIONI	inadeguatezza rispetto al contesto	
				inadeguatezza rispetto al tipo di strada	
			VISIBILITA'	insufficiente visibilità da uno o più rami di ingresso	
				insufficiente visibilità in particolari condizioni di illuminazione	
				presenza di elementi che ostacolano la visibilità in fascia di pertinenza e/o rispetto	
			LEGGIBILITA' E COMPRENSIONE	difficoltà di comprensione da parte di una o più categoria di utenti	
				insufficienza dell'avviso	
				difficoltà di leggibilità da uno o più rami di ingressso	
		GEOMETRIA	ISOLE DI CANALIZZAZIONE	insufficiente dimensionamento in funzione della geometria complessiva dell'intersezione	
			CORSIE DI ACCUMULO	insufficiente dimensionamento in funzione dei flussi	
			ANALISI DELLE MANOVRE CONSENTITE	inadeguatezza e pericolosità di manovre specifiche	
			ROTATORIA (analisi specifica)	deflessione insufficiente	
				diametro esterno e/o interno inadeguato	
				flussi sbilanciati per i diversi rami di accesso	
				capacità insufficiente	
		SISTEMA SEGNALETICO	SEGNALETICA ORIZZONTALE	inadeguatezza delineazione corsie	
				posizionamento non corretto delle frecce di indicazione	
				inadeguatezza delimitazione zone non transitabili	
				inadeguatezza manutenzione	
			SEGNALETICA VERTICALE	localizzazione non corretta	
				insufficienza o ridondanza	
				inadeguatezza manutenzione	
			LANTERNE SEMAFORICHE	inadeguatezza fasatura in riferimento ai flussi	
				inadeguatezza fasatura per correnti veicolari in conflitto	
		ALTRI ASPETTI	ILLUMINAZIONE	inadeguatezza illuminazione in zone di transizione	
				insufficienza livello illuminazione	
			INTERFERENZE (attraversamenti e parallelismi)	presenza sottoservizi	
				presenza linee aeree	

APPENDICE 3 - ESPERIENZA DI SPERIMENTAZIONE CON SENSORI LASER

Obiettivi e finalità della sperimentazione

La determinazione della pendenza trasversale della strada con accuratezza compatibile con le applicazioni che fanno uso di questa grandezza può risultare un procedimento alquanto dispendioso.

La misura tradizionale con strumentazione celerimetrica costituisce ad oggi il riferimento di massima accuratezza. Esistono in letteratura vari studi e sperimentazioni volti ad aumentare la produttività del processo di misurazione, tipicamente mediante integrazione di specifiche strumentazioni ed elaborazioni nei sistemi MMS ad alto rendimento.

Questo studio si propone di valutare l'impiego, allo scopo di accurata misurazione della pendenza trasversale, di un sensore integrabile nella strumentazione di bordo di un MMS costituito da un distanziometro laser a scansione semicircolare a basso costo e da un software di postelaborazione sviluppato ad hoc.

Lo strumento laser fornisce sequenze di distanze dal proprio centro ad intervalli temporali ed angolari costanti. L'integrazione del sensore nella strumentazione del veicolo MMS avviene mediante correlazione tra il TIMESTAMP delle misure primarie fornite dallo strumento con il TIMESTAMP del sottosistema traiettografico GPS/INS/Odometrico di bordo. Il processo di calibrazione consiste sia nella sincronizzazione (associazione dei TIMESTAMP iniziali) sia nella calibrazione geometrica che richiede la determinazione accurata dei parametri di tre rototraslazioni rigide combinate, come descritto a seguire.

Lo studio dimostra la validità di questo approccio, nel contesto sperimentale di riferimento, per un range esteso di applicazioni.

Strumentazione e contesto operativo

Lo strumento laser utilizzato è il “Mini Laser” Scanning Laser Range Finder UTM-30LX-EW prodotto da Hokuyu[126]. Impiega una sorgente laser λ=905nm per effettuare una scansione con apertura angolare di 270° durante la quale rileva 1080 misure di distanza dal centro di scansione - una ogni 25 ms - con una risoluzione angolare di 0,25°. La distanza massima del target è di circa 30 metri. L'esattezza dichiarata dal fornitore è di circa 30 mm per target distanti 10 metri (50 mm per range entro 30 m), con una precisione data da σ <10mm (σ <30mm per range entro 30 m).

Scanning Laser Range Finder UTM-30LX-EW

[126] Hokuyu, www.hokuyo-aut.jp

Lo strumento viene utilizzato per l'effettuazione di scansioni su un piano approssimativamente verticale e perpendicolare alla direzione di moto, a seguito di sua installazione a bordo di un veicolo MMS. Lo scopo di tale configurazione è la rilevazione di sezioni stradali ortogonali all'asse stradale.

Il sensore laser è integrato quindi con il resto della strumentazione: in particolare le misure del profilo della sede stradale vengono riferite al sistema relativo del laser, mentre al fine di ottenere il posizionamento globale, è indispensabile affidarsi al sistema traiettografico del veicolo.

Il sistema traiettografico del veicolo è impiegato anche nella sua componente inerziale, in modo da fornire l'assetto iniziale del mezzo ed in fase di moto, così da poter calcolare ed applicare le dovute correzioni angolari alla misura del laser, al fine di determinare la reale misura del profilo della pavimentazione.

Infine la componente odometrica del sistema traiettografico è utilizzata come fattore di correlazione tra il dato laser e dati del sistema posizionamento mediante associazione di TIMESTAMP.

Il rilievo, a seguito di una iniziale fase di calibrazione, avviene percorrendo la strada oggetto di indagine ad una velocità di circa 50 km/h; considerate le caratteristiche tecniche del sensore, l'acquisizione produce sezioni di scansione ogni circa 0.30m, approssimativamente ortogonali alla direzione del moto. Il movimento infatti produce uno scostamento, ossia una rotazione della sezione dalla ortogonale al senso del moto; tuttavia non si introducono grossi errori, ricadendo la maggiore larghezza misurata entro uno-due decimetri.

In fase di rilievo, il dispositivo acquisisce sezioni di ampiezza nominale di circa 30 m; ai fini dell'elaborazione si considera il rilievo della sola corsia di marcia. In questo modo la procedura software realizzata ricostruisce la pendenza trasversale mediante la regressione ad elementi lineari, su una base di punti rilevati sufficientemente ampia da caratterizzare la corsia in esame.

Il rilievo di strade a doppio senso di marcia viene eseguito percorrendo entrambe le corsie, calcolando in entrambi i casi il valore di pendenza trasversale, ipotizzando tra una sezione di scansione e la successiva una variazione lineare del valore di pendenza. In corrispondenza di sezioni di controllo il valore da assegnare alla pendenza deriva dalla tipologia di conformazione della sagoma riscontrata: se a schiena d'asino si riscontreranno valori di segno opposto, se ad unica falda valori di pendenza concordi.

Il caso di strade ad unico senso di marcia consente naturalmente un solo senso di rilievo; nessun problema si presenta nel caso di sezioni ad unica falda, mentre nel caso di sezioni a schiena d'asino, si otterranno due valori distinti di pendenza distinta per ciascuna falda dell'unica corsia.

Considerazioni metrologiche

E' noto che la conformazione della sezione e il valore della pendenza trasversale variano in relazione alla tipologia di strada (con riferimento alla classifica funzionale riportata nel Codice della Strada) e in relazione all'elemento geometrico percorso (rettifilo, curva a raggio costante, arco di clotoide), in quanto legato al raggio di curvatura, al coefficiente di attrito trasversale e alla velocità di progetto.

L'analisi, a prescindere dal tipo di strada, viene condotta singolarmente per ogni corsia percorsa dal mezzo, rinviando la ricostruzione dell'intera sagoma alla fase di post processing, mediante correlazione delle sezioni parziali con i dati posizionali MMS.

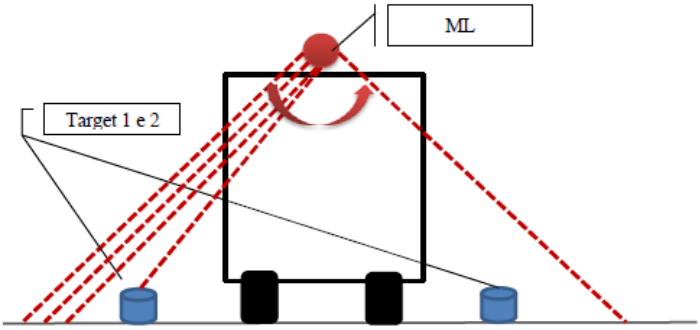
Un limite evidente della procedura proposta è costituito dai casi di strade molto ammalorate in cui il "rumore" indotto dai dissesti maschera completamente il dato di pendenza.

A fini di sperimentazione e messa a punto, la procedura è stata inizialmente applicata a sole corsie ad unica falda, riservando a successive implementazioni la soluzione di casistiche quali la sezione a schiena d'asino, che richiede la valutazione separata di due finestre laterali di misura.

Nelle condizioni sperimentali il MiniLaser, montato a bordo del veicolo su apposito sostegno, è posto ad una quota z_0 di circa 1.90 m, ed acquisisce una sezione ortogonale alla direzione di moto, di larghezza superiore a quella della corsia di marcia (si considera mediamente una dimensione caratteristica di corsia tra i 2.5 e i 4.0 m). Successivamente, in fase di analisi e trattamento dati, l'ampiezza della finestra di indagine (intervallo di misure) sarà limitata alle necessità di indagine della corsia. Ragionevolmente si assume che il veicolo sia collocato all' interno della carreggiata.

L'esposizione seguente presenta una rielaborazione di un algoritmo messo a punto dal prof. Lucca Iocchi dell'Università "La Sapienza" di Roma, che ha partecipato alla sperimentazione.

L'output dati del dispositivo MiniLaser risulta composto da una sequenza ordinata di vettori, il cui modulo rappresenta la distanza tra la sorgente emettitrice ed il punto colpito dal raggio laser. In caso si mancato ritorno del segnale il sistema di gestione segnala con valore "1" la mancata misurazione.



Schema di montaggio e scansione laser

Tutte le misure realizzate vengono riportate al sistema di riferimento relativo del laser (ML frame), così definito: origine del riferimento la proiezione a terra del centro di emissione del laser, direzione dell'asse Z quella del raggio mediano di scansione (ovvero quella della 541° scansione). La posizione del centro di emissione del laser risulta dunque $(x, y, z)_{MLframe} = (0, 0, d_{541})$ in cui d_{541} è la distanza ottenuta dalla 541° scansione.

Assumendo che il veicolo si muova seguendo una traiettoria approssimativamente regolare, in posizione approssimativamente centrale rispetto alla corsia, si analizza un intervallo di misura predefinito. Nel caso in cui la strada analizzata presenti una sezione complessiva maggiore di 3m, la finestra di indagine di ampiezza complessiva di 3m, viene definita dagli estremi $(-1{,}5m, 0, d_{541})$ $(+1{,}5m, 0, d_{541})$

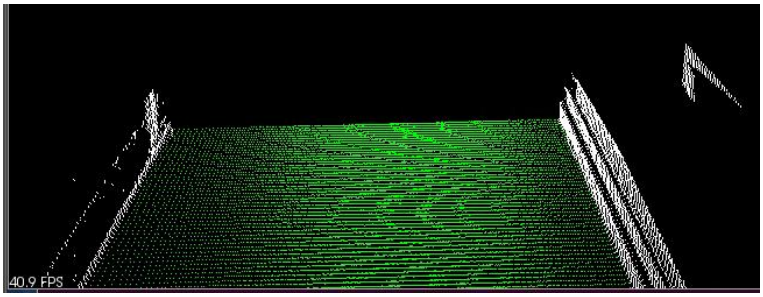
La prima operazione è il riconoscimento, nel dataset di misura, degli outliers, delle mancate misure e dei confini fisici laterali.

A partire dalla perpendicolare al punto di emissione del laser riportata al piano strada, che è sicuramente un punto appartenente alla carreggiata, si definiscono due "finestre mobili" simmetriche ed equidistanti rispetto a tale punto e si determinano i valori di quota e i gradienti di quota successivi nelle due direzioni.

L'ampiezza di ogni finestra mobile è stata posta a n = 10 punti; considerando una risoluzione angolare $\Delta\alpha$ dello strumento di 0.25°, si può calcolare l'ampiezza s della finestra di regressione in funzione della quota del centro di scansione z_0 mediante la formula: $s = \Delta\alpha_{(RAD)}*(d_i+...+d_{i+n})\approx n*\Delta\alpha_{(RAD)}*z_0$

che con n=10 e z_0=1,90 m risulta pari a circa 8,5 cm.

Partendo quindi dal punto assunto come riferimento, e agendo in maniera speculare viene valorizzata la variazione di quota; superata una prima soglia (fissata a 5 cm) viene individuato un outlier, scartato nelle successive elaborazioni; al superamento di una seconda soglia (fissata a 20 cm) viene individuato il "confine stradale".



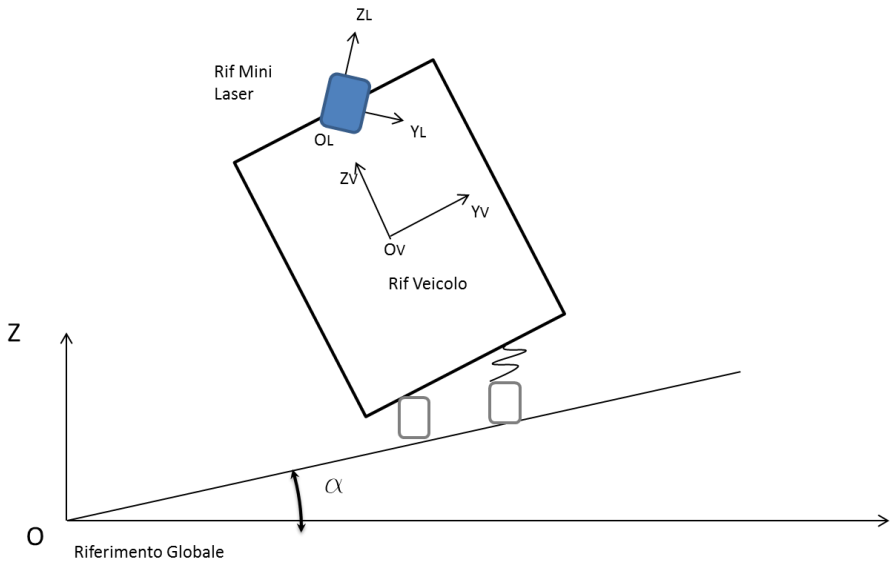
Riconoscimento del confine stradale da software

Viene così individuata la larghezza del piano di riferimento, che può comprendere anche l'intera carreggiata. A tale proposito risulta interessante compiere una valutazione del valore medio della larghezza misurata, da confrontare poi con altri dati (ad esempio la larghezza censita mediante fotorestituzione) ai fini di definire la variabilità e l'applicabilità del mezzo. Confrontando con il repertorio fotografico si possono inoltre individuare false misure, legate ad esempio alla presenza di ostacoli sulla strada (auto parcheggiate, cassonetti ecc.); è ipotizzabile un procedimento automatico che segnali immediatamente l'anomalia e marchi la misura trasversale come un outlier "non affidabile" in funzione della serie delle misure precedenti (e successive se in post-processing) ed eventualmente corregga la misura rilevata.

Una volta assegnata con l'algoritmo sopra descritto la giacitura dei punti alla sede stradale, a destra e a sinistra dell'origine, sui dui insiemi di punti così definiti viene eseguito un best fitting lineare. L'applicazione degli algoritmi di best fitting impiegati è di definire la retta che meglio approssima la serie di punti, correlata da un indice di bontà della regressione.

I due algoritmi di fitting impiegati sono una tecnica di riconoscimento robusta quale la Trasformata di Hough, mutuata dal campo di trattamento digitale delle immagini, e una tecnica di ottimizzazione quale l'algoritmo dei Minimi Quadrati. Il riconoscimento e la regressione sono entrambi mirati ad una retta. L'algoritmo applica entrambi i metodi di fitting e sceglie, sezione per sezione, la curva con il più alto grado di verisimiglianza. A livello generale si può affermare che i due metodi si sono dimostrati entrambi validi, evidenziando però una maggiore robustezza dell'algoritmo di Hough, e una maggiore precisione dei Minimi Quadrati.

Il valore di pendenza *m* di questa retta in forma cartesiana rappresenta l'informazione utile a definire, dopo rettifica, la pendenza trasversale. La rettifica è necessaria perché, essendo il sensore MiniLaser solidale con il mezzo esistono angoli di rotazione trasversale "aggiuntivi" che affliggono la reale misura dell'angolo e quindi la successiva valutazione della pendenza trasversale.



Sistemi locali dei sensori e sistema globale

- Definiamo α l'angolo che rappresenta la misura finale di interesse, cioè la pendenza trasversale rispetto al riferimento orizzontale globale (global frame).
- Definiamo θ_V l'angolo che rappresenta la componente di rollio indotta dall'effetto delle sospensioni del veicolo. Essa è costituita da una componente statica θ_{V1}, evidenziabile anche con veicolo a riposo su superficie piana, legata all'asimmetria del carico e al comportamento asimmetrico delle sospensioni, e da una componente dinamica θ_{V2}, legata in particolare a velocità e curvatura della traiettoria. La misura di ROLL fornita dal sensore inerziale di bordo è pertanto data da $\alpha + \theta_{V1} + \theta_{V2}$. La terna cartesiana del sensore IMU definisce il cosiddetto *body frame*, ovvero il riferimento proprio del veicolo al quale sono riportati tutti i sensori di bordo.
- Definiamo infine θ_L l'angolo che rappresenta l'errore di parallelismo tra il sistema interno del ML (*ML frame*) e il *body frame*, dovuto al montaggio, e assunto costante.

Per quanto attiene ai segni delle misure, In accordo con quanto riportato nelle norme tecniche di riferimento (D.M. 5/11/2001) e adottato da altri autori, si ritiene di assumere positive le misure angolari crescenti in senso antiorario, ovvero quelle che portano l'estremo esterno della piattaforma ad una quota superiore del punto di origine del sistema a terra. Ovvero si riterranno positivi gli angoli che possono essere idealmente generati da un momento stabilizzate per il veicolo rispetto alla configurazione di equilibrio dinamico in curva.

Da questo deriva ad esempio che in una configurazione in rettifilo a schiena d'asino, le falde saranno entrambe caratterizzate da pendenza con segno negativo, e che percorrendo una curva a sinistra la pendenza della falda di destra sarà soggetta ad una variazione positiva fino a raggiungere la configurazione finale con segno positivo.

Per quanto riguarda gli angoli di *roll* misurati dall'IMU, sono considerati positivi gli angoli antiorari, nel rispetto della regola della mano destra, con rotazione intorno all'asse Y.

- θ_L, ipotizzato costante e misurato solo qualora le posizioni reciproche di ML e IMU subiscano variazioni (es. in caso di rimozione e ricollocamento).
- $\theta_{V1,}$ componente dell'angolo di rollio imputabile all'asimmetria del carico e al comportamento asimmetrico delle sospensioni, evidenziabile anche a veicolo fermo su superficie piana, ipotizzato costante per ciascuna missione. Si può misurare molto semplicemente posizionando il veicolo su una superficie approssimativamente piana, rilevando il valore di ROLL dall'IMU, ruotando il veicolo di 180°, rilevando nuovamente il valore di ROLL e successivamente eseguendo la media tra i due valori di ROLL in modo che eventuali componenti di pendenza trasversale si elidano.
- $\theta_{V2,}$ componente dell'angolo di rollio dovuto alle sospensioni durante la marcia del veicolo; dipende dalle condizioni di marcia e dalla traiettoria e la sua misurazione diretta è alquanto complessa; può essere considerato come somma degli apporti delle attenuazioni (che hanno frequenza di 1-1,5 Hz e sono dunque filtrabili) e di un sistematismo metrologicamente rappresentabile come un fattore di scala variabile applicato al dato finale e dipendente da curvatura e velocità. La valorizzazione dei questo angolo è alquanto aleatoria e non rientra nell'economia dl procedimento qui descritto; ai fini metrologici si può considerare come errore proprio della procedura $d\theta$ e trattare congiuntamente ad altri errori accidentali

In definitiva il valore di pendenza ricercato è dato da

$$\alpha = \tan(\arctan(m)+\theta_L+\theta_{VI})\pm\theta_{V2}$$

La mitigazione della componente di errore residua può essere effettuata in postprocessing con un algoritmo di smoothing delle sequenze di pendenza, in considerazione del fatto che la variazione di pendenza tra sezioni si assume lineare.

Procedimento sperimentale e risultati del test

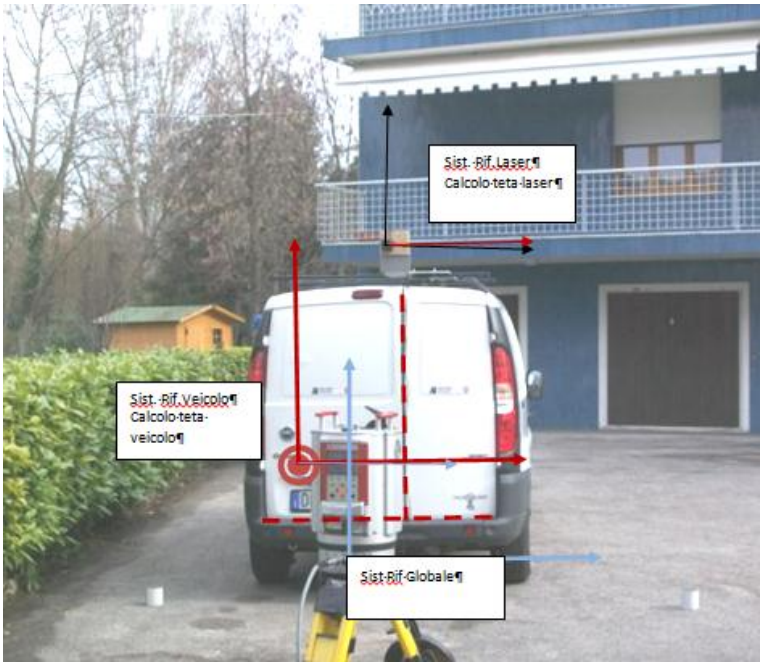
Il seguente procedimento sperimentale consente in alternativa di determinare con una unica sessione di misura la somma dei valori $\theta_L + \theta_{V1}$.

Una volta posizionato il ML nella sede definitiva, a veicolo MMS fermo e approssimativamente in piano, sono state materializzate nel campo di scansione del ML alcune posizioni, utilizzando oggetti cilindrici laser riflettenti.

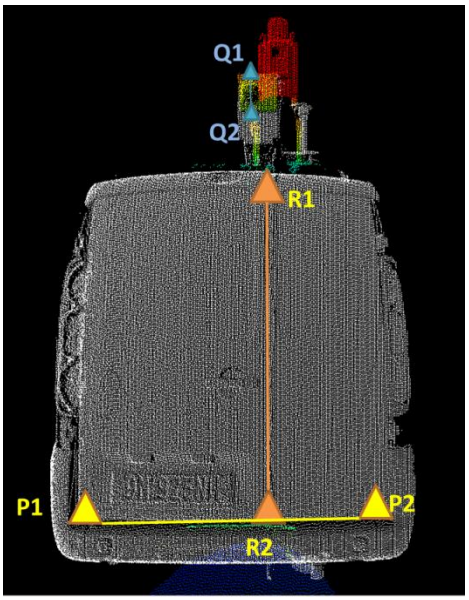
La componente θ_{V1} può essere considerata come l'errore di orizzontalità di un componente della cassa del veicolo teoricamente orizzontale in condizioni perfette.

Le posizioni sono state determinate sia nel sistema di riferimento del ML sia nel sistema di riferimento esterno mediante rilievo con un laser scanner RIEGL*VZ-400* ad accuratezza certificata. Non sono stati utilizzati dati derivanti dal sensore inerziale IMU ma si è optato per una scansione completa del veicolo con successiva georeferenziazione della nuvola di punti. E' stato così possibile ottenere indirettamente l'orientamento del veicolo nel sistema assoluto e calcolare successivamente i parametri di rototraslazione.

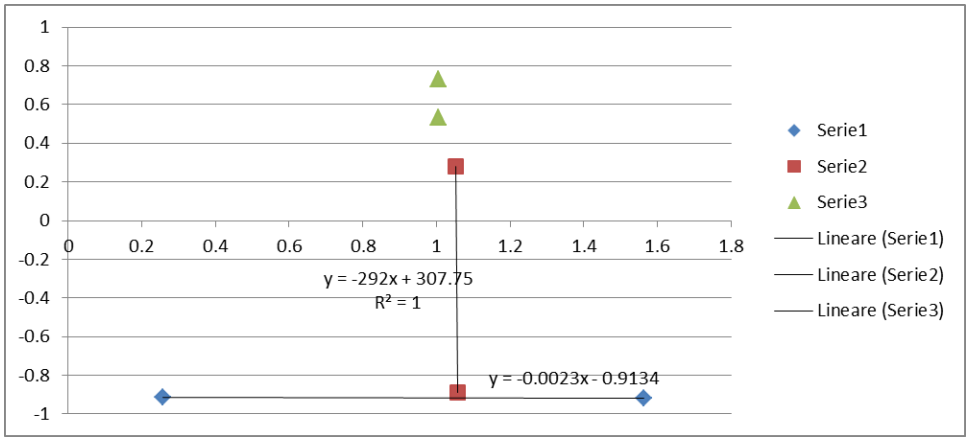
Nelle figure seguenti sono riportare la visualizzazione della nuvola di punti relativa all'intero veicolo, la determinazione dei parametri di orientamento del veicolo in global frame e la stima finale del valore ricercato.



Procedura di calibrazione Mini Laser



Rappresentazione della nuvola di punti. La retta P1-P2 costituisce l'asse Y del body frame; la retta R1-R2 costituisce l'asse X



Rappresentazioni dei punti doppi necessari al calcolo della rototraslazione

	x	y	z	m	Theta V Roll (rad)	Theta Roll (grad)
P1	-7.413	0.259	-0.914	-0.0023	-0.002298847	-0.131714204
P2	-7.555	1.564	-0.917			

Determinazione finale della correzione angolare "statica"

Una volta effettuata la "calibrazione" come sopra descritto è stata effettuata una prova di scansione con ML. La prova è stata svolta in modalità statica, acquisendo 1208 record, in numero significativo per attribuire validità statistica al campione.

MSOrarioCPU	Theta V	Lamda	alfa	alfa rad	%	ErrThetaLaser	RoadMarginLeft	RoadMarginRight	Road Morgin Tot
52812076	0.16	0.543460002	0.38	0.01	0.67	0.000500033	3.756118108	0.240951665	3756118108
52812101		0.499902118	0.34	0.01	0.59	0.000387551	3.764888536	2.583822500	6348711036
52812121		0.540465380	0.38	0.01	0.66	0.000441266	3.749070982	0.168100661	3749070982
52812141		0.538217239	0.38	0.01	0.66	0.000412193	3.756998998	2.587802510	6344801508
52812166		0.474230920	0.31	0.01	0.55	0.000397991	3.752594545	2.593374524	6345969069
52812191		0.555696507	0.40	0.01	0.69	0.000370672	3.755176112	2.592578522	6347754634

Dall'analisi risulta un valore medio per la misura dell'angolo effettuata dal ML pari a λ = 0.521 ° e deviazione standard di 6=0.03, caratterizzando la distribuzione di valori con una buona regolarità.

Utilizzando la formula per il calcolo della pendenza stradale e inserendo i valori provenienti dalla fase di calibrazione si ottengono i relativi valori per la pendenza trasversale; la media di tale distribuzione risulta essere α = 0.40°.

L'analisi dello scostamento dei valori di λ calcolati dal valor medio porta alla stima di un errore proprio caratterizzante il metodo di analisi inferiore allo 0.01%.

La procedura di valutazione delle caratteristiche del ML si basa sul confronto della sezione acquisita da quest'ultimo, con la stessa sezione acquisita con Laser Scanner 3D (3DLS) in modalità statica, e confronto con punti a terra posti sulla stessa sezione mediante acquisizione di coordinata GPS con stazione totale .

La verifica per il valore λ con il valore di confronto determina a= 0.40°, a_T= 0.225°, introducendo un errore dello e=0.17°, inferiore allo 0.5° previsto dalla norma del Catasto delle strade.

Si conclude quindi che in modalità statica il metodo di calcolo della pendenza trasversale risponde alla norma vigente e rappresenta un ottimo metodo speditivo.

Questo lavoro è rilasciato con licenza